

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2018**

**TEREZA  
HÖFEROVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

**Ověření vztahu korekce presbyopie a věku klienta**

**Verification of the relation between the presbyopia correction and the age  
of a client**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Tereza Höferová**

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Markéta Žáková

---

**Kladno 2018**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tereza Höferová**  
Obor: Optika a optometrie  
Téma: **Ověření vztahu korekce presbyopie a věku klienta**  
Téma anglicky: Verification of the relation between the presbyopia correction and the age of a client

### Zásady pro vypracování:

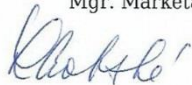
Student v teoretické části popíše presbyopii, důležitost její korekce a pravidla korekce. Z anatomického a fyziologického hlediska představí akomodaci, její princip a teorie akomodace. V praktické části student porovná obvyklý způsob korekce presbyopie s vlastní studií. V rámci praktické části ověří vztah mezi věkem klienta a hodnotou adice u korekce presbyopie, výsledky porovná s metodou měření adice pomocí akomodační amplitudy.

### Seznam odborné literatury:

- [1] KUCHYŇKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8
- [2] ELLIOTT, D.B., Clinical Procedures in Primary Eye Care, ed. 4., Bradford, United Kingdom: Elsevier Saunders, 2014, ISBN 978-0-7020-5194-4
- [3] KRAUS, H. a kol., Kompendium očního lékařství, ed. 1, Grada Publishing, 1997, 341 s., ISBN 80-7169-079-1
- [4] EFRON, N., Optometry A-Z, ed. 1, Brisbane, Australia: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 0-7506-4913-5

Zadání platné do: 20.09.2019

Vedoucí: Mgr. Markéta Žáková



.....  
vedoucí katedry / pracoviště



.....  
děkan

V Kladně dne 19.02.2018

## **Název bakalářské práce:** Ověření vztahu korekce presbyopie a věku klienta

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se komplexně zabývá problematikou presbyopické adice a jejího stanovení v optometristické praxi. Práce se nejprve zaměřuje na charakteristiku akomodace, teorie akomodace a na související termíny a výpočty. Dále je prezentována presbyopie, metody měření presbyopické adice a neinvazivní a invazivní korekce presbyopie.

V experimentální části práce je představeno stanovení průměrné hodnoty adice vzhledem k věku klienta a ověření vztahu korekce presbyopie s věkem klienta. Cílem práce také bylo porovnat stanovení presbyopické adice měřením a výpočetní metodou využívající poměr akomodační šíře. V rámci statistické analýzy byly potvrzeno, že vzorec využívající poměr akomodační šíře pro výpočet adice není účinný pro klienty starší 60 let. Na základě naměřených hodnot adice na 40 cm a hodnot adice na oblíbenou čtecí vzdálenost klienta byla potvrzena důležitost práce s čtecí vzdáleností klienta při vyšetření. V neposlední řadě se práce zabývá stanovením redukce na střední vzdálenost.

### **Klíčová slova:**

Korekce presbyopie, presbyopická adice, akomodační amplituda, čtecí vzdálenost.

**Bachelor's Thesis title:** Verification of the relation between the presbyopia correction and the age of a client

**Abstract:**

The bachelor's thesis complexly focuses on the issue of presbyopic correction and its determination within the optometry practice. Initially the thesis concentrates on the characteristics of accommodation, on the theory of accommodation, related terms and calculations. Subsequently presbyopia is introduced, as well as the methods of identifying the correct lens power for its remedy and invasive and non-invasive methods of presbyopia correction.

In the experimental part the determination of mean value of addition in relation to the age of a client is described, followed by verification of the relation between presbyopia correction and the age of a client. Another aim of this thesis is to compare the determination of presbyopic addition carried out by the method of experimental measurement with the method of calculation using the ratio of the accommodation amplitude. Within the statistical analysis was confirmed that the calculation using ratio of the accommodation amplitude for determining addition is not applicable for clients over the age of 60. Based on measured values of addition for reading distance 40 cm and values of addition for client's reading distance, the importance of working with the client's favorite reading distance when measuring the refraction was confirmed. In the end the thesis pays attention to determining reduction for the medium distance.

**Key words:**

Presbyopia correction, reading addition, accommodation amplitude, reading distance.

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce Mgr. Markétě Žákové za odborné vedení, za konzultace a cenné rady při uskutečňování experimentální části práce. Dále bych ráda poděkovala Optice Jaroslav Polícar a celému jejímu týmu za poskytnuté zázemí a realizaci experimentálního měření. Děkuji také všem, kteří se podíleli na korektuře práce, za upřímnou kritiku.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Ověření vztahu korekce presbyopie a věku klienta*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V Kladně dne .....

.....

podpis

# Obsah

1. Úvod .....	1
2. Charakteristika akomodace .....	3
2.1 Daleký bod (punctum remotum) .....	3
2.2 Blízký bod (punctum proximum) .....	4
2.3 Akomodační oblast a akomodační šíře .....	5
3. Teorie akomodačního procesu .....	6
3.1 Teorie akomodace dle Helmholtze .....	6
3.2 Teorie akomodace dle Schachara a Tscherninga .....	7
3.3 Teorie akomodace dle Colemana .....	7
4. Presbyopie .....	8
4.1 Změny akomodace vzhledem k věku klienta .....	8
4.2 Charakteristika presbyopického klienta .....	10
4.3 Změny oční čočky v souvislosti s presbyopií .....	11
5. Adice .....	12
5.1 Stanovení hodnoty adice .....	12
5.1.1 Předběžná adice dle věku a pracovní vzdálenosti .....	12
5.1.2 Předběžná adice jako poměr akomodační amplitudy .....	13
5.1.3 Předběžná adice dle metody mřížkového testu a zkříženého cylindru .....	14
5.1.4 Předběžná adice dle balancování NRA/PRA .....	15
5.1.5 Stanovení konečné adice .....	15
6. Neinvazivní korekce presbyopie .....	16
6.1 Brýlová korekce .....	16
6.1.1 Monofokální korekce na blízko .....	16
6.1.2 Bifokální brýlové čočky .....	17
6.1.3 Trifokální brýlové čočky .....	18
6.1.4 Progresivní brýlové čočky .....	18
6.1.5 Monovision .....	20
6.2 Kontaktní čočky .....	20
6.2.1 Bifokální kontaktní čočky .....	21
6.2.2 Multifokální kontaktní čočky .....	21



6.2.3	Monovision.....	23
6.3	Další možnosti presbyopie.....	24
7.	Invazivní korekce presbyopie.....	24
7.1	Nitrooční operace.....	24
7.1.1	Intraokulární akomodační čočka.....	24
7.1.2	Intraokulární multifokální čočka.....	25
7.2	Rohovkové operace.....	25
7.2.1	Konduktivní keratoplastika.....	25
7.2.2	Multifocal LASIK.....	25
7.2.3	Monovision LASIK.....	26
7.2.4	Intracor.....	26
8.	Experimentální část.....	27
8.1	Úvod.....	27
8.2	Popis souboru.....	27
8.3	Metodika experimentálního měření.....	28
8.3.1	Objektivní a subjektivní refrakce.....	29
8.3.2	Stanovení adice.....	29
8.4	Cíle práce a hypotézy.....	30
8.5	Analýza experimentální části.....	31
8.5.1	Adice a její vztah k věku klienta.....	31
8.5.2	Adice určená výpočtem.....	33
8.5.3	Adice ve vztahu s pracovní vzdáleností.....	35
8.5.4	Redukce na střední vzdálenost.....	37
8.5.5	Analýza dotazníku.....	38
9.	Diskuze.....	40
10.	Závěr.....	43
	Seznam použité literatury.....	44
	Seznam symbolů a zkratk.....	48
	Seznam obrázků.....	49
	Seznam tabulek.....	50
	Příloha: Protokol s dotazníkem.....	51

# 1. Úvod

Presbyopie a její korekce patří mezi důležitá každodenní témata v optometrii a oftalmologii, proto se danou problematikou zabývá i tato práce. S presbyopií se setkává každý klient po 45. roce života. Zrak je nejdůležitější lidský smysl pro získávání informací z okolí, proto je korekce presbyopie zásadní pro presbyopické klienty v rámci uchování kvalitního zrakového vjemu na všechny vzdálenosti. Základem přesného stanovení presbyopické korekce včetně adice je stanovení počáteční správné korekce na dálku. Neméně důležité je zjištění přání a potřeb klienta a práce s oblíbenou čtecí vzdáleností klienta tak, aby korekční pomůcka splňovala klientovy požadavky vidění na konkrétní činnosti.

Postupující vývoj v korekci presbyopie umožňuje současným presbyopickým klientům si vybrat svoji korekční pomůcku z širokého portfolia možností. U brýlové korekce probíhají inovace především na úrovni progresivních brýlových čoček, ve sféře kontaktních čoček vznikají nové designy multifokálních čoček. U invazivní korekce presbyopie se setkáváme s novými postupy laserových rohovkových operací i inovací u nitroočních operací v rámci implantací intraokulárních čoček. Při výběru vhodné presbyopické korekce hrají významnou roli tyto faktory - výhody a nevýhody konkrétní metody korekce presbyopie a finanční stránka. U většiny presbyopických korekcí též klient musí počítat s určitou dobou adaptace na korekční pomůcku, důležitá je zde motivace klienta k výsledné spokojenosti.

Bakalářská práce se zaměřuje na charakteristiku akomodace, na teorie akomodace dle různých autorů a na termíny a výpočty, které se v praxi v optometrii využívají. Následně je práce zaměřena na presbyopii a její vývoj, na charakteristické změny, které můžeme pozorovat u klienta ať už na úrovni objektivní při měření refrakce či na úrovni subjektivních potíží. V návaznosti na presbyopii se práce zabývá různými metodami měření předběžné presbyopické adice, budou porovnány předběžné adice vzhledem k věku klienta dle různých autorů a také stanovení konečné adice. Na závěr teoretické části budou popsány možnosti neinvazivní a invazivní korekce presbyopie.

Cílem bakalářské práce je komplexně se věnovat měření presbyopické adice. Nejprve bude experimentální část zaměřena na stanovení průměrné hodnoty adice na 40 cm vzhledem k věkovým kategoriím klientů dle experimentálního měření a také bude zkoumána korelace mezi hodnotou adice a věkem klienta. Dále bude v experimentální části stanovena hodnota adice dle výpočtu využívající poměr akomodační šíře také vzhledem k věkovým kategoriím klientů. Akomodační šíře bude stanovena pomocí měření binokulárního blízkého bodu

akomodace, vergence blízkého bodu v metrech nám stanoví hodnotu akomodační šíře v dioptriích. Následně budou statistickou analýzou porovnány hodnoty naměřené adice a hodnoty adice vypočtené. Další část experimentálního měření se bude zabývat prací s oblíbenou čtecí vzdáleností klienta při vyšetření a její důležitostí při stanovování finální adice. Pro vidění na střední neboli počítačovou vzdálenost bude stanovena hodnota redukce, kde následně také bude zkoumán vztah redukce k věku klienta. V neposlední řadě na základě dotazníku budou klienti požádáni o informaci, v kolika letech si poprvé pořídili korekci na blízko, dále bude zjišťováno, zda v praxi klienti využívají více stolní počítače či notebooky. Na základě předpokladu, že vysoký klient bude mít i delší paže a čtecí vzdálenost by mohla být prodloužena, bude zkoumán vztah výšky klienta a oblíbené čtecí vzdáleností klienta.

## 2. Charakteristika akomodace

Akomodace je činnost oka umožňující ostré vidění na různé vzdálenosti, tento proces se děje v závislosti na změně optické mohutnosti oka. Při fixování na blízké předměty dochází ke zvýšení celkové optické mohutnosti oka, aby se zajistila ostrost blízkých předmětů, tedy aby paprsky dopadaly na sítnici do fovey - místa nejostřejšího vidění. [1, 2, 3, 4, 5]

Změna celkové optické mohutnosti oka se odehrává na úrovni oční čočky. Zvýšení optické mohutnosti čočky je podmíněno kontrakcí ciliárního svalu a následným uvolněním závěsného aparátu čočky – zonulárních vláken. Oční čočka má elastické pouzdro a při uvolnění zonulárních vláken se vyklene – zmenší se poloměr zakřivení přední a zadní plochy čočky, tím se zvýší její optická mohutnost. [1, 2, 3, 4, 5]

Proces akomodace je sdružený s akomodačním reflexem neboli akomodační triádou. Při akomodaci bulby konvergují a zornice se zúží (nastane mióza). Při pohledu na nekonečno jsou oči v paralelním postavení, kdy zorná osa spojuje pozorovaný předmět a foveu. Při sledování blízkého předmětu oči konvergují, aby paprsky dopadaly do fovey. Čím bližší předmět pozorujeme, tím větší konvergentní souhyb očí nastává. Současně s akomodací se zužují zornice. Mióza zajišťuje kvalitnější ostrost vidění do blízka vyloučením neparaxiálních paprsků, které se podílejí na sférické aberaci. [3, 5]

### 2.1 Daleký bod (*punctum remotum*)

*Punctum remotum* je takový bod na optické ose oka, který se promítne ostře na sítnici při nulové, uvolněné akomodaci. Daleký bod se obvykle značí písmenem R. Emetropické oko fokusuje světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou přicházející z nekonečna (6 metrů a více před okem) do ohniska na sítnici, do fovey. U myopického oka se při uvolněné akomodaci rovnoběžné paprsky protínají s optickou osou před sítnicí, u hypermetropického oka za sítnicí. Daleký bod u emetropického oka se nachází v nekonečnu, u myopického oka v konečné vzdálenosti před okem a u hypermetropického za okem. Vergence vzdálenosti dalekého bodu v metrech odpovídá refrakčnímu stavu oka v dioptriích  $A_R$  (viz vzorec). Refrakční stav oka udává hodnotu v dioptriích, která chybí optickému systému, aby oko bylo emetropické. [3, 4, 5, 6]

Vzorec pro výpočet polohy dalekého bodu/refrakčního stavu oka:

- a. Daleký bod se nachází v nekonečnu, oko je emetropické.

$$A_R = \frac{1}{\text{nekonečno}} = 0 D \quad (1)$$

- b. Daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti před okem, oko je myopické.

$$A_R = \frac{1}{-a_R} = -x D \quad (2)$$

Vzdálenost dalekého bodu se značí  $a_R$ , dosazuje se v metrech, znaménko je záporné.

- c. Daleký bod se nachází za okem, oko je hypermetropické.

$$A_R = \frac{1}{+a_R} = +x D \quad (3)$$

Vzdálenost dalekého bodu se u hypermetropického oka dosazuje se znaménkem plus.

[6]

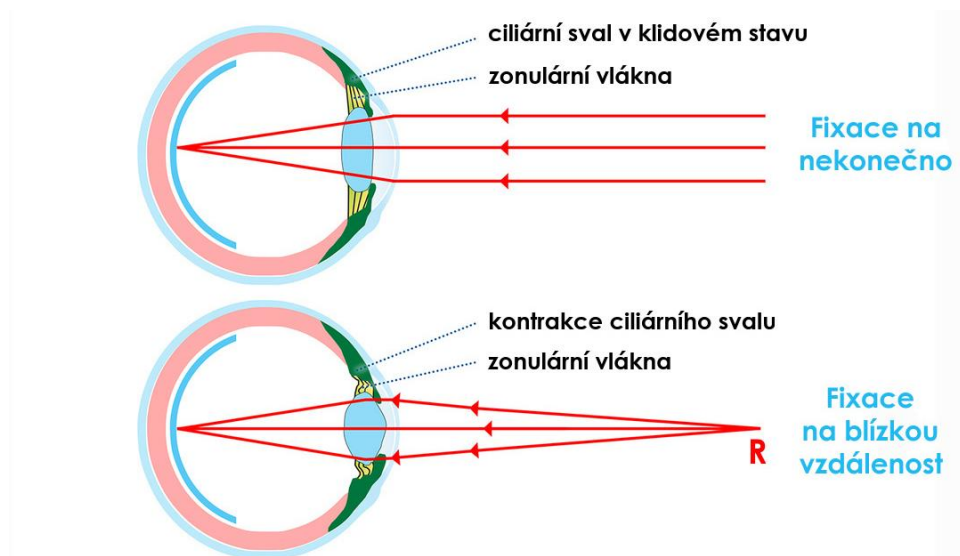
## 2.2 Blízký bod (*punctum proximum*)

*Punctum proximum* je takový bod na optické ose oka, který se promítne ostře na sítnici oka při maximální akomodaci, kdy je oční čočka nejvíce vyklenutá (má svoji největší možnou optickou mohutnost), obvykle se značí P. Oční čočka je s přibývajícím věkem méně elastická, ztrácí schopnost maximálního vyklenutí. Blízký bod se vzdaluje od oka a přibližuje se k bodu dalekému, akomodační šíře klesá. Tento stav nazýváme presbyopie a nastává přibližně po 45. roce života, kdy akomodační šíře je menší jak 4 dioptrie. [5, 6]

Vzorec pro výpočet blízkého bodu oka:

$$A_P = \frac{1}{\pm a_P} [D] \quad (4)$$

Vzdálenost blízkého bodu v metrech se značí  $a_P$ , znaménko plus označuje blízký bod za okem, znaménko minus blízký bod před okem. Vergence vzdálenosti blízkého bodu udává hodnotu optické lomivosti oka v dioptriích při maximální akomodaci. [6]



**Obrázek 1:** Stav ciliárního svalu, zonulárních vláken a čočky při fixaci na nekonečno a na blízkou vzdálenost. [7]

### 2.3 Akomodační oblast a akomodační šíře

Pojmem akomodační oblast označujeme vzdálenost mezi dalekým bodem a blízkým bodem, v tomto rozsahu je oko schopno plynule zaostřovat na předměty. [8]

Lomivost oka při nulové akomodaci označujeme jako statickou refrakci. Lomivost oka s maximální akomodací, s přírůstkem optické mohutnosti oční čočky vyvolané akomodací, nazýváme dynamickou refrakcí. Akomodační šíře neboli akomodační amplituda je rozdíl mezi statickou a dynamickou refrakcí. Akomodační šíře udává nejvyšší možný nárůst optické mohutnosti oka při maximální akomodaci, vyjadřuje se v dioptriích. [4, 8, 9]

Emetropické oko při šířce akomodace  $\pm 4$  D má rozsah akomodační oblasti od nekonečna do 25 cm před okem, myopické oko s refrakčním stavem -1 D má rozsah akomodační oblasti od 1 m do 20 cm před okem, hypermetropické oko +2 D má rozsah akomodační oblasti mezi nekonečnem a 50 cm před okem. [8]

Vzorec pro výpočet akomodační šíře – akomodační amplitudy:

$$A_{\xi} = A_R - A_P [D] \quad (5)$$

Akomodační šíře je rozdíl vergencí vzdáleností dalekého a blízkého bodu. [6]

Akomodační šíře je nejvyšší v dětství (až 15 D), s přibývajícím věkem se snižuje, průměrně po 65. roce života se akomodační šíře rovná nule. [6, 8]

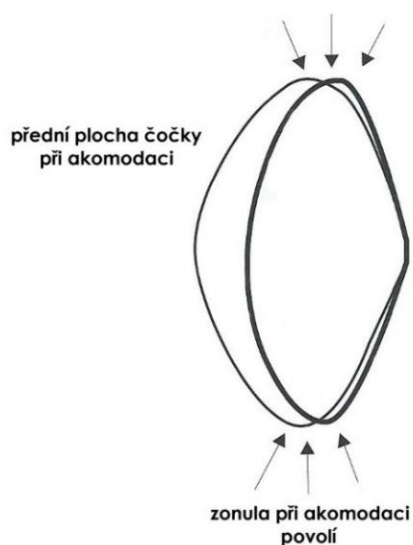
### 3. Teorie akomodačního procesu

Slovo akomodace poprvé použil Burow v roce 1841, do té doby se využívalo termínu adaptace. Fyziologie procesu akomodace dodnes není přesně do detailu popsána, existuje několik teorií akomodace. [1]

#### 3.1 Teorie akomodace dle Helmholtze

Hermann von Helmholtz byl významný německý fyziolog a lékař 19. století. Helmholtzova akomodační teorie je založena na předpokladu, že kontrakce ciliárního svalu během akomodace je příčinou změny tvaru oční čočky. V průběhu akomodace se ciliární sval kontrahuje, zmenší, posune se směrem ke kořeni duhovky a tím povolí napětí zonulárních vláken závěsného aparátu mezi ekvátorem čočky a ciliárním svalem. Oční čočka se vyklene vzhledem k pružnosti pouzdra, její tvar je více sférický a její optická mohutnost se zvýší. Když nastane klidový stav, akomodace pomine, ciliární sval relaxuje a vrátí se do své původní velikosti, tím zvýší napětí zonulárních vláken a vlákna svým tahem formují čočku zpět do plochého stavu. [1, 10]

Helmholtzova teorie akomodace ale nebyla schopna vysvětlit vyklenutí pouze přední plochy čočky při akomodaci, které se později prokázalo. To bylo vysvětleno Finchamem v roce 1937 – tloušťka pouzdra čočky je odlišná v různých oblastech čočky. Pouzdro čočky na přední a zadní části je v místě úponu závěsného aparátu nejpevnější, při akomodaci téměř nemění svůj tvar. Přední centrální tenčí část pouzdra se při akomodaci vyklene, zadní centrální část se při akomodaci nemůže vyklenout, je vyklenuta do svého maxima již v klidovém stavu. [1, 10]



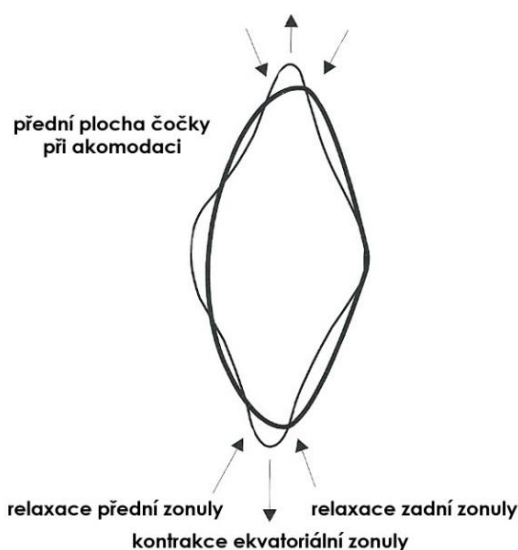
**Obrázek 2:** Tvar oční čočky při akomodačním procesu dle Helmholtzovy teorie. [1]

### 3.2 Teorie akomodace dle Schachara a Tscherninga

Akomodační teorie dle Schachara (navržena v roce 1993) a Tscherninga (navržena v roce 1904) je založena na odlišném anatomickém upnutí zonulárních vláken v pouzdře čočky a v ciliárním svalu. Zonulární vlákna upnutá v ekvatoriální části pouzdra čočky se upínají do nejpřednější oblasti ciliárního svalu. Zonulární vlákna upnutá před a za ekvátorem čočky se upínají do zadní části ciliárního svalu. [1, 11]

Při akomodaci se ciliární sval kontrahuje a posouvá se směrem ke kořeni duhovky. Tento pohyb má za následek napnutí zonulárních vláken upnutých v ekvatoriální části čočky a povolení napětí v zonulárních vláknech upnutých před a za ekvátorem čočky. Výsledkem je strmější vyklenutí čočky v centrálních oblastech a posunutí ekvátoru čočky směrem k ciliárnímu tělesu. [1, 11]

Tscherningova teorie akomodace se liší od Schacharovy tím, že předpokládá navíc účast sklivce při akomodaci. [1, 11]



**Obrázek 3:** Tvar oční čočky při akomodačním procesu dle Schacharovy a Tscherningovy teorie. [1]

### 3.3 Teorie akomodace dle Colemana

Colemanova teorie publikovaná roku 1986 je založena na předpokladu, že čočka společně se zonulárními vlákny vytvoří membránu, která je držena ve svém klidovém stavu rozdílem tlaku v přední komoře a sklivcovém prostoru. Při kontrakci ciliárního svalu se tlak v přední komoře sníží (zřejmě vzhledem k rozšíření trámčiny při kontrakci ciliárního svalu), následně



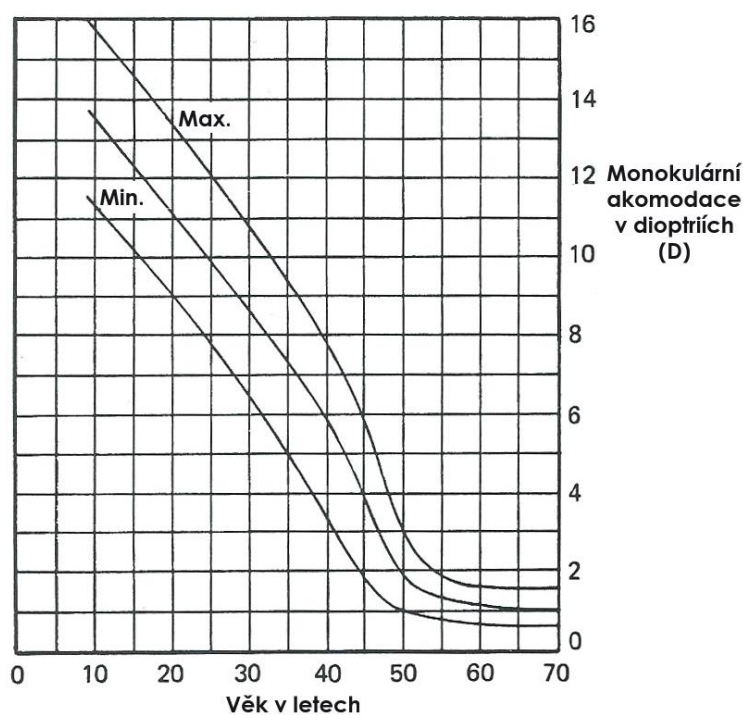
se tlak zvýší ve sklivcovém prostoru. Tlak sklivce na zadní stranu čočky způsobí vyklenutí směrem do přední komory. [1, 10]

## 4. Presbyopie

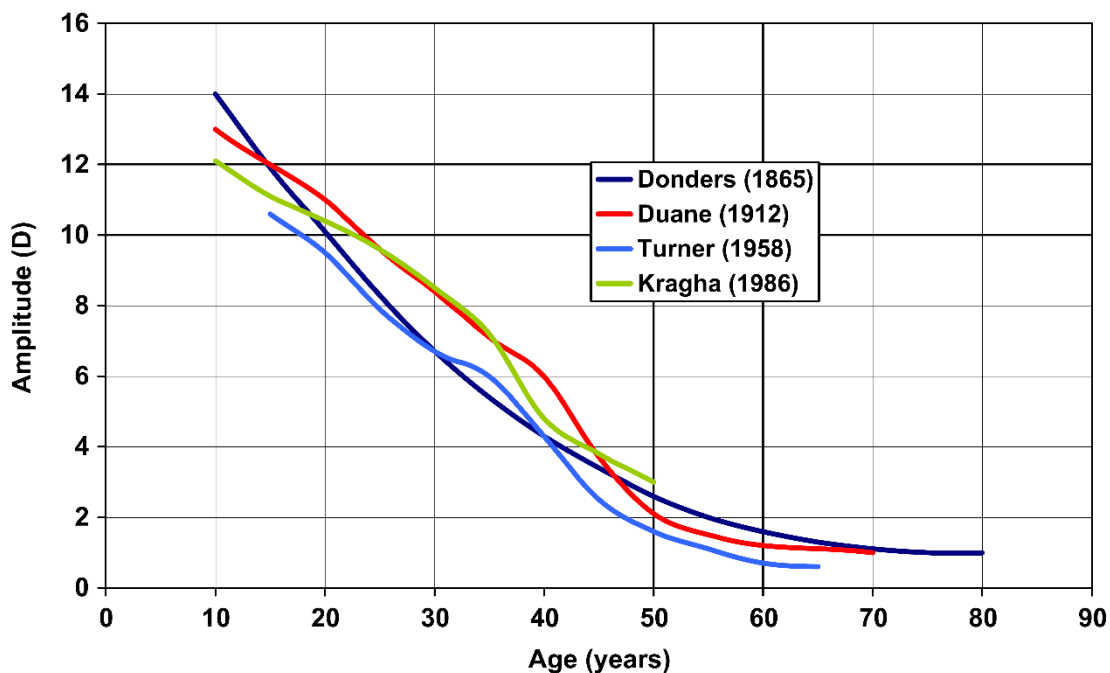
Proces fyziologického úbytku akomodační šíře, který se obvykle subjektivně projevuje kolem 40. - 45. roku života, se nazývá presbyopie. Příčinou úbytku akomodační šíře je ztráta pružnosti oční čočky a snížení akceschopnosti ciliárního svalu. Blízký bod akomodace se posouvá směrem od oka, práce na blízko je ztížena a náročná, úbytek akomodace se kompenzuje korekcí do blízka. [8, 9]

### 4.1 Změny akomodace vzhledem k věku klienta

Akomodační šíře v průběhu života klesá, dynamická refrakce, lomivost oka vyvolaná akomodací, ve stáří dosáhne nulové hodnoty. Duanova křivka (viz Obrázek 4) představuje průměrnou hodnotu akomodační šíře pro jednotlivé věkové skupiny. V dětství dosahuje akomodační šíře 14 D, blízký bod se nachází v 7 cm před okem, ve 36 letech je šíře akomodace 7 D a blízký bod se nachází ve 14 cm před okem, ve 45 letech je šíře akomodace 4 D a blízký bod se posouvá do 25 cm. V 65 letech dosahuje akomodační šíře pouze 1 D, blízký bod se nachází v 1 m před okem. [8, 9]



**Obrázek 4:** Duanova křivka. Monokulární amplituda akomodace vzhledem k věku. [12]



**Obrázek 5:** Monokulární amplituda akomodace vzhledem k věku dle různých autorů. [13]

**Tabulka 1:** Poloha blízkého a dalekého bodu dle věku, vergence daných vzdáleností v D u emetropického oka. [14]

Věk	Blízký bod		Daleký bod	
	vzdálenost [mm]	vergence [D]	vzdálenost [mm]	vergence [D]
10	-70	-14,29	$\infty$	0,00
20	-100	-10,00	$\infty$	0,00
30	-140	-7,14	$\infty$	0,00
40	-220	-4,55	$\infty$	0,00
50	-400	-2,50	$\infty$	0,00
60	-2000	-0,50	+2000	+0,50
70	+1000	+1,00	+800	+1,25
75	+570	+1,75	+570	+1,75
80	+400	+2,50	+400	+2,50

Práce na blízko, čtení, psaní, probíhá v obvyklé pracovní vzdálenosti 25-40 cm. Oko musí vynaložit pro dosažení ostrého zobrazení na tuto vzdálenost akomodační úsilí + 3-4 D. Při dlouhodobé práci na blízko musí zůstat nevyužita 1/3 – 1/2 akomodační šíře jako akomodační

rezerva, aby se předešlo astenopickým obtížím. Například ve věku 20 let, kdy je šířka akomodace 11 D, při odečtení potřebné akomodace na blízko (+ 4D), zůstává akomodační rezerva 7 D. Ve věku 45 let, kdy je akomodační šíře 4 D, při práci na blízko již nezůstává žádná akomodační rezerva a začínají se objevovat první potíže při práci na blízko. [8, 9, 15, 16, 17]

Klient s hypermetropií vynaloží část své akomodační šíře již při pohledu do dálky. U hypermetropického klienta nastávají potíže při práci do blízka v dřívějším věku, zde se musí rozlišit potíže způsobené dekompenzovanou refrakční vadou a počáteční presbyopií. U klienta s nekorigovanou myopií potíže při práci do blízka nastávají v pozdějším věku, například u klienta s refrakční vadou -4 D nenastanou presbyopické potíže nikdy. U vykorigované refrakční vady nastanou presbyopické potíže stejně jako u emetropického oka. [8, 9]

Presbyopie po posouzení všech kritérií je relativním pojmem. Počátky nástupu presbyopie závisí na více faktorech - na statické refrakci oka, na obvyklé pracovní vzdálenosti klienta a na stavu akomodace. Klienti vyžadující ostré vidění na blízkou pracovní vzdálenost budou pociťovat presbyopické problémy dříve než klienti, kteří využívají především vidění na dálku. [9]

## 4.2 Charakteristika presbyopického klienta

Presbyopie se projevuje ztíženou prací na blízkou vzdálenost, obtížným čtením, kdy je text rozostřený. U presbyopického klienta pozorujeme následující příznaky.

- a. Presbyopický klient si prodlužuje čtecí vzdálenost. Klient text oddaluje a posouvá do bodu, kdy nemusí naplno využít akomodaci, čtení je komfortnější. Klienti popisují tento stav jako stav „krátkých rukou“.
- b. Presbyopický klient při čtení či práci do blízka využívá intenzivnějšího osvětlení, při kterém nastává mióza. Zúžení zornice a tím následné zúžení kužele paprsků přicházejících do oka vytvoří ostřejší sítnicový obraz na základě omezení optických aberací optické soustavy oka.
- c. Presbyopický klient udává astenopické potíže. Nejprve převažují obtíže zrakového systému – mlhavé, neostré vidění zejména při snížených světelných podmínkách, dále se přidávají oční obtíže – pocit únavy očí, slzení, bolesti očí a hlavy, pocit pálení očí či spojivková injekce. [8, 9]

### 4.3 Změny oční čočky v souvislosti s presbyopií

Soubor biomechanických, biochemických a fyziologických faktorů se podílí na věkem podmíněném úbytku akomodační šíře a na následném počátku presbyopie. Tyto faktory zahrnují změny v hmotnosti, objemu, tvaru, zakřivení, indexu lomu, elasticitě a tvrdosti oční čočky. [12, 18]

Tři hlavní faktory se tradičně považují za primární faktory přispívající k akomodačnímu úbytku:

- a. Elasticita čočkového pouzdra se s věkem snižuje, čočkové pouzdro se postupně stává více tuhým a méně poddajným. Schopnost pouzdra umožňující modelovat hmotu čočky (primárně čočkový kortex) je menší se zvyšujícím se věkem. Efektivní energie pouzdra je úměrná úbytku akomodační šíře do 45 let. [12]
- b. Elasticita hmoty čočky se mírně snižuje od mládí do 40 let a poté více strmě. Elasticita hmoty čočky přispívá až 44% k celkovému úbytku akomodační šíře. [12]
- c. Velikost/objem oční čočky se postupně zvětšuje s věkem, tento faktor má za následek sníženou efektivitu fungování čočkového pouzdra. Je více obtížné deformovat větší objem čočky než menší. Zvětšená velikost oční čočky a snížená elasticita čočkového pouzdra se podílí 55% na úbytku akomodační šíře. [12]

Mezi další faktory úbytku akomodační šíře patří některé změny v ciliárním svalu, zahrnující oslabení svalu a též schopnost reakce a kontrakce se snižuje s věkem. Změny v ciliárním svalu se podílí z 20% až 33% na úbytku akomodační šíře ve věku 30-50 let. [12, 19]

V čočce a čočkovém pouzdře se s věkem zvyšuje počet disulfidových můstků, tyto můstky stabilizují kolagenové molekuly. Tento proces vytváří odpor při akomodaci, výsledkem je větší tuhost a obtížná deformace oční čočky. Pouzdro oční čočky se stává též méně elastickým. [12]

## 5. Adice

Presbyopie se koriguje adicí. Adice je plusový přídavek dioptrií do blízka neboli také rozdíl mezi korekcí na dálku a korekcí na blízko. Při korekci presbyopie je cílem posílení refrakčního systému oka tak, aby při pohledu na blízko (pracovní vzdálenost) zůstala zachována 1/3 – 1/2 akomodační šíře jako akomodační rezerva. [9, 15, 16, 17]

### 5.1 Stanovení hodnoty adice

#### 5.1.1 Předběžná adice dle věku a pracovní vzdálenosti

Mezi využívané způsoby měření předběžné adice patří stanovení dle věku a pracovní vzdálenosti, při měření se využívají čtecí tabulky. S přibývajícím věkem adice vzrůstá, nejpoužívanější čtecí vzdálenost se pohybuje mezi 35-40 cm. Adici je nutno přizpůsobit pracovní vzdálenosti. V případě, že čtecí vzdálenost je mnohem menší než obvyklá, např. 33 cm, zvýšíme adici o 0,50 D (rozdíl v dioptriích potřebných pro 40 cm = +2,50 D a 33cm = +3,0 D). V případě, že čtecí vzdálenost je větší, adice se snižuje. Na Obrázcích 6-9 jsou zobrazeny navrhované hodnoty adic v závislosti na věku klienta dle různých autorů. [9, 15]

Age (years)	Addition required (dioptr spheres)		
	Kragha and Hofstetter (1986)	Hanlon <i>et al.</i> (1987)	Borish (1975)
40	–	1.00	–
45	1.25	1.25	0–1.00
50	1.78	1.62	1.00–1.75
55	2.12	1.87	1.50–2.25
60	2.34	2.12	1.75–2.50
65	–	–	–
70	–	–	–

**Obrázek 6:** Navrhovaná hodnota adice v závislosti na věku klienta dle různých autorů. [20]

Age	Amplitude of accommodation (D)	Near add (D)	Working distance (cm)	Range of clear vision (cm)
45	3.5	+0.75	40	133–24
		+1.25	33	80–21
50	2.5	+1.25	40	80–27
		+1.75	33	57–24
55	1.50	+1.75	40	57–31
		+2.25	33	44–27
60+	1.00	+2.00	40	50–33
		+2.50	33	40–29
		+3.00	29	33–25

**Obrázek 7:** Navrhovaná hodnota adice v závislosti na věku klienta a pracovní vzdálenosti, porovnání s akomodační amplitudou a výsledným rozsahem ostrého vidění. [15]

Věk	Adice (D)
40 let	0 - 0,5
45 let	1,0 - 1,5
50 let	1,5 - 2,0
55 let	2,0 - 2,5
60 let	2,5 - 3,5

**Obrázek 8:** Navrhovaná adice v závislosti na věku klienta na pracovní vzdálenost 30 cm. [9]

Age	Expected amplitude (D)	Near add (D)
20	10	0.00
30	8	0.00
40	5–6	0.00 – 0.50
45	3–4	0.00 – 1.00
50	2	1.00 – 1.75
55	1	1.50 – 2.25
60	0	1.75 – 2.50

**Obrázek 9:** Navrhovaná adice v závislosti na věku klienta, porovnání s akomodační amplitudou. [2]

### 5.1.2 Předběžná adice jako poměr akomodační amplitudy

Tato metoda je účinná při stanovování předběžné adice u presbyopů, kteří ještě nedosáhli věku 60 let. Akomodační šíře presbyopů nad 60 let je prakticky nulová a věkem podmíněná mióza pupily způsobuje, že měření akomodační šíře se rovná měření hloubky ostrosti a pravidla této metody jsou následně méně účinná. [15, 16]

Stanovení předběžné adice začíná změřením akomodační šíře (Push-up test, Minus lens to blur). Pro práci na blízko plné využití akomodační šíře pro jakkoliv dlouhou pracovní dobu není možné, avšak 1/2 až 2/3 akomodační šíře mohou být využity. [15, 17]

Zdroje se neshodují, zda využívat spíše 1/2 až 2/3 akomodační šíře při výpočtu adice. K využití 1/2 se přiklání např. Elliott, Rabbetts [15, 17], k využívání většího rozsahu akomodační šíře pro práci na blízko, tedy 2/3, se přiklání např. Antona [16].

Předběžná adice se pak vypočítá z následujícího vzorce:

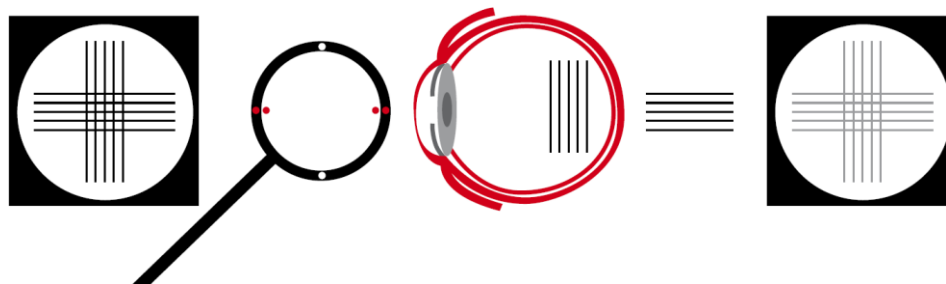
$$\text{předběžná adice} = \text{prac. vzdálenost v dpt} - 1/2 \text{ akomodační šíře v dpt (popř. } 2/3) \quad (6)$$

Klientovi s akomodační šíří 1,50 D a pracovní vzdáleností 40 cm (vergence vzdálenosti v metrech odpovídá 2,50 D) bude stanovena předběžná adice +1,75 D. [15, 16]

### 5.1.3 Předběžná adice dle metody mřížkového testu a zkříženého cylindru

Mřížkový test spolu s Jacksonovým zkříženým cylindrem se též využívá po subjektivní monokulární refrakci jako jemné sférické dokorigování. Mřížkový test se skládá z horizontálních a vertikálních černých linií (viz Obrázek 10). U mřížkového testu musí být plně vykorigovaný astigmatismus. [16, 21]

Měření adice probíhá na foropteru s optotypem obsahující mřížkový test, měření probíhá v oblíbené pracovní vzdálenosti klienta. Předložíme Jacksonův cylindr  $\pm 0,50$  tak, aby minusová osa cylindru se nacházela v TABO  $0^\circ$  ( $+0,50/-1,0 \times 0^\circ$ ). Pokud předpokládáme vyšší adici, nastavíme před měřením na foropteru plusovou hodnotu +1D. Presbyopický klient při pohledu na mřížkový test vnímá vertikální linie zřetelnější. Přidáváme +0,25D, dokud klient nevidí obě linie stejně rozmazaně, adice je hodnota předsazené plusové hodnoty čoček, které vyrovnaly vjem linií. V případě pootočení Jacksonova zkříženého cylindru ( $+0,50/-1,0 \times 90^\circ$ ) bude presbyopický klient udávat na počátku měření zřetelnější horizontální linie. Stejný postup se použije i pro vyšetření druhého oka. Jestliže budou předběžné adice očí rozdílné, je nutné zkontrolovat binokulární vyvážení. [15, 16, 21]



**Obrázek 10:** Mřížkový test. Účinek Jacksonova zkříženého cylindru při vykorigované adici. [21]

#### 5.1.4 Předběžná adice dle balancování NRA/PRA

Metoda měření předběžné adice spočívá v balancování negativní a pozitivní relativní akomodace. Optotyp je umístěný v pracovní čtecí vzdálenosti a klient se zaměřuje na velikost písma o dva řádky větší než je jeho nejlepší vizus na blízko. Jestliže je písmo rozmazané, přidáváme  $+0,25$  D, dokud nejsou písmena ostrá. Tímto určíme počáteční předběžnou adici. Následně měříme negativní relativní akomodaci NRA, přidáváme binokulárně  $+0,25$  D, dokud se písmo nezačne mlžit, konečnou hodnotu zaznamenáme. Vrátime se na počáteční předběžnou adici a pokračujeme měřením pozitivní relativní akomodace PRA. Přidáváme binokulárně  $-0,25$  D, dokud se písmo nezačne mlžit, konečnou hodnotu zaznamenáme. Následuje upravení počáteční předběžné adice, finální předběžná adice se nachází uprostřed intervalu hodnot NRA a PRA. [15, 16]

V případě, že počáteční předběžná adice byla  $+1,0$  D, NRA  $+2,0$  D a PRA  $+0,50$ , výsledná adice bude mít hodnotu  $+1,25$  D, aby se nacházela uprostřed intervalu mezi NRA a PRA. [15, 16]

#### 5.1.5 Stanovení konečné adice

Při měření adice na foropteru je nutno zkusit naměřenou adici i ve zkušební obrubě. Klient drží čtecí tabulku ve své oblíbené pracovní čtecí vzdálenosti při běžném osvětlení s předběžnou adicí. Následuje stanovení rozsahu ostrého vidění s binokulárně předsazenou adicí, oblíbená pracovní vzdálenost by se měla pohybovat uprostřed tohoto intervalu. Pomocí binokulárního flipperu  $\pm 0,25$  D ověříme stanovenou adici. Jestliže při předsazení  $-0,25$  D se text rozmlží, ponecháme původní adici, pokud se zaostří, předsazujeme další  $-0,25$  D, dokud se zlepšuje ostrost písma či vizus na blízko. V případě, že při předsazení  $+0,25$  D se vizus do blízka vylepší, přidáme plusovou čočku. Nejostřejší vidění textu nemusí být vždy hodnoceno



kladně klientem. U stanovení adice platí, že lehké podkorigování je lepší než překorigování. [9, 15]

## 6. Neinvazivní korekce presbyopie

Mezi neinvazivní korekci presbyopie řadíme korekci brýlovými skly a korekci kontaktními čočkami. Každá metoda korekce má své klady i zápory, vždy je nutné řídit se potřebami klienta tak, aby presbyopická korekce co nejvíce odpovídala klientovým nárokům na vidění při konkrétní činnosti. [22]

### 6.1 Brýlová korekce

Brýlová korekce presbyopie patří mezi nejvyužívanější metodu, finančně dostupnou. Na rozdíl od kontaktních čoček nemá brýlová korekce žádný vliv na povrch oka, je však důležité, aby brýlová obruba byla vhodně vybrána vzhledem k anatomii obličeje a klient brýlovou obrubu rád používal. [22]

#### 6.1.1 Monofokální korekce na blízko

Korekce presbyopie monofokální neboli jednoohniskovou brýlovou čočkou je nejvyužívanější metoda korekce presbyopie pro začínající presbyopy. Monofokální čočka slouží ke korekci dané ohniskové vzdálenosti, u presbyopů tato vzdálenost odpovídá pracovní čtecí vzdálenosti. Střední pracovní vzdálenost a vidění na dálku je s monofokální čočkou rozmazané. [6, 22]

Výhoda monofokální korekce na blízko je zachování širokého zorného pole na blízko, tato korekce je velmi využívána pro dlouhodobou práci na blízko např. čtení, psaní. Klienti s progresivními brýlovými čočkami obvykle mívají i monofokální korekci na blízko, využívanou právě na dlouhodobou práci na blízko. [6, 22]

Klient s presbyopií v případě používání monofokální korekce na blízko neboli čtecích brýlí musí střídat více korekcí – na dálku, na střední vzdálenost a na blízko. Emetropický klient využívá pouze brýle na čtení popř. brýle na střední, počítačovou vzdálenost. V případě, že klientovi nevyhovuje střídání korekcí pro různé vzdálenosti, je možnost využití korekce presbyopie víceohniskovými skly. [6, 14, 22]

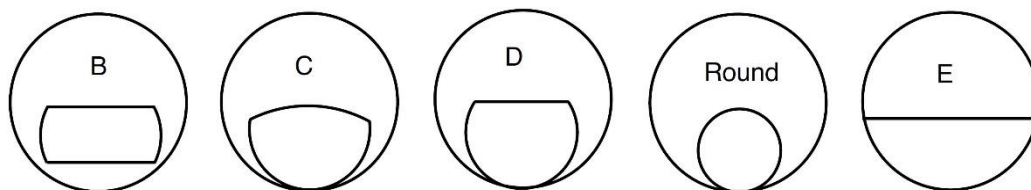
Sférické monofokální brýlové čočky se centrují na střed zornice při běžném postavení hlavy. [23]

Druhem monofokální korekce na blízko jsou také tzv. poloviční brýle, které jsou na nose posazeny níže, vyznačují se širším nosníkem a rovným tvarem obruby horní části. Posazení polovičních brýlí níže na nose umožňuje klientovi vidění do dálky nad obrubou. [23]

### 6.1.2 Bifokální brýlové čočky

Bifokální brýlové čočky umožňují použití jedné brýlové korekce pro vidění do dálky a do blízka. Bifokální brýlová čočka se sestává ze základní čočky na dálku a jedné přídavné čočky na blízko neboli segmentu do blízka. [6, 23]

Přídavný díl do blízka se vyrábí o různých velikostech a tvaru. Nejčastěji se dnes používá brýlová čočka se segmentem do blízka ve tvaru ležatého „D“ (viz Obrázek 11), také nazývaná ST bifokální čočka. Přídavný díl je do základní čočky u minerálních čoček vybroušen, dnes častěji již zataven, u plastových brýlových čoček je přídavný díl odlit. [6, 23]



**Obrázek 11:** Bifokální brýlové čočky s různým tvarem segmentu na blízko. [24]

U bifokálních brýlových čoček na předělu segmentu na dálku a na blízko dochází ke skoku obrazu, tento efekt se projevuje v zorném poli jako slepý úhel při změně pohledu z dálky na blízko a opačně. Bifokální brýlové čočky neumožňují vidění na střední vzdálenost. [6, 23, 25]

Centrace u bifokálních brýlových čoček v horizontální úrovni je dle PD do dálky. U výškové centrace bifokálních čoček záleží na účelu, ke kterému budou brýle používány, zda převážně na dálku či blízko. Obvykle se centrují při normálním postavení hlavy tak, aby předěl segmentů byl v úrovni spodního okraje duhovky, což většinou odpovídá linii dolního víčka. Optický střed segmentu na blízko je decentrován nazálně zpravidla o 2,5 mm. [6, 23, 25]

### 6.1.3 Trifokální brýlové čočky

Trifokální brýlové čočky mají jednu základní čočku a dvě přídavné čočky, využívají se v pokročilém stavu presbyopie. Základní čočka slouží pro vidění na dálku, střední díl na vidění na střední vzdálenost a přídavný díl pro vidění do blízka. Dioptrická hodnota středního dílu bývá polovina adice. [6, 23, 25]

Trifokální brýlové čočky se horizontálně centrují stejně jako bifokální, pouze horní okraj středního dílu se nachází výše než předěl segmentů u bifokálních čoček. Při centraci se řídíme spodním okrajem pupily při jejím průměru za normálního osvětlení nebo předěl umístíme 1 až 2 mm pod okraj pupily. [6, 23, 25]

U trifokálních brýlových čoček je stále znatelný skok obrazu, dnes jsou prakticky nahrazeny progresivními brýlovými čočkami. [6]

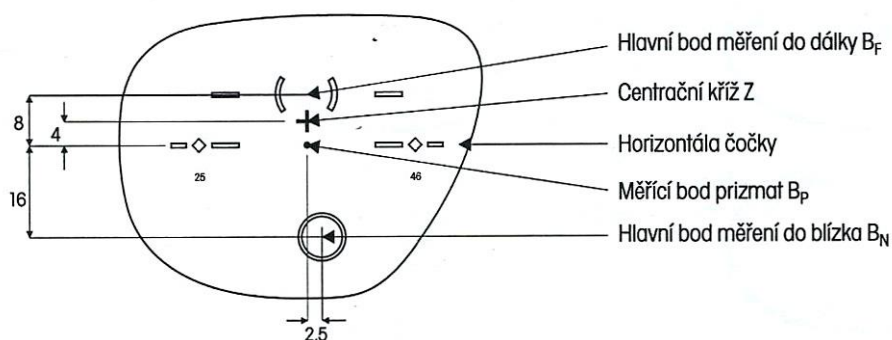
### 6.1.4 Progresivní brýlové čočky

Progresivní brýlové čočky byly vyvinuly z bifokálních a trifokálních brýlových čoček. Jsou to čočky s plynule měnící se dioptrickou hodnotou pro korekci vidění na dálku, střední vzdálenost a blízko zároveň, čočka je bez dělicí linie segmentů a tím i bez skoku obrazu. Progresivní brýlové čočky jsou nejčastější volbou pro zkušenější klienty s presbyopií, obvykle to jsou klienti, kteří už nechtějí střídat více monofokálních korekcí během dne. Presbyopické brýlové čočky jsou finančně méně dostupné, náklady na jejich výrobu jsou vyšší. [2, 23, 25]

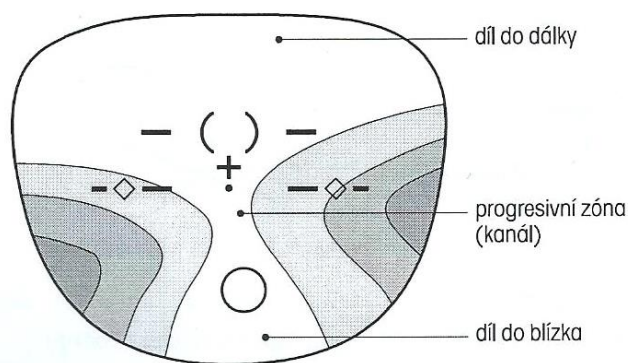
Od vztažného bodu na dálku na brýlové čočce začíná směrem dolů tzv. progresivní kanál, končí v dílu na vidění na blízko. Dioptrická hodnota progresivní čočky se v progresivním kanálu zvyšuje až do požadované hodnoty pro díl na blízko. Centrování progresivních brýlových čoček se provádí při již zcela upravené obrubě vzhledem k anatomii hlavy klienta. Při přímém pohledu do dálky je třeba, aby střed zornice byl asi 22-24 mm vzdálen od spodního okraje očnice, důvodem je dostatečný prostor pro progresivní kanál. Centrování probíhá při přirozeném postoji a postavení hlavy klienta, horizontálně centrujeme dle vzdálenosti pupil při pohledu do dálky a vertikálně na střed pupil při přímém pohledu do dálky, střed pupily takto odpovídá centračnímu kříži na progresivní brýlové čočce (viz Obrázek 12). Optický střed do blízka je oproti optickému středu na dálku decentrován obvykle 2,5 mm nasálně (závisí na velikosti adice), tato decentrace se nazývá variabilní inset, důvodem je optimalizace progresivního kanálu při konvergentním souhybu očí při akomodaci na blízko. Dále se na

brýlové čočky nacházejí mikrogravury, které slouží ke zpětné rekonstrukci multifokálního designu v případě smazání značek z výroby. [6, 23, 25]

Při stanovování refrakce pro výrobu progresivních brýlových čoček je nutné vykorigovat plně astigmatismus, zjistit stav binokulárního vidění, myopického klienta nepřekorigovat a hypermetropického klienta nepodkorigovat. Vyšší adice u progresivních brýlových čoček je nežádoucí vzhledem k progresivnímu kanálu, se zvyšující se adicí se progresivní kanál a tím i tedy zorné pole v rámci střední vzdálenosti se zužuje. [26]



**Obrázek 12:** Příklad mikrogravur progresivní brýlové čočky. [23]



**Obrázek 13:** Schéma neviditelných zón progresivní brýlové čočky. [25]

Mezi nevýhody progresivních brýlových čoček patří tzv. plovoucí efekt či nekomfortní vidění na okrajích čočky. Tento efekt je způsobený astigmatismem v periférii čočky v oblasti vidění na střední vzdálenost. Tato skutečnost lze ovlivnit výběrem designu čočky, kvalitou výroby čočky a výší adice. Doba návyku na korekci progresivní brýlovou čočkou je delší právě v důsledku astigmatismu v periférii čočky, důležitá je motivace klienta k pozdější celkové spokojenosti s korekcí. [6, 23, 25]

### 6.1.5 Monovision

Monovision je metoda korekce presbyopie, při které jedno oko je korigované na dálku a druhé oko je korigováno na blízko. Tato metoda je založená na principu, že optický systém je schopen alternující suprese mezi očima při změně pohledu na dálku a blízko. Monovision není vhodná metoda pro každého klienta, je vhodná pro klienty s alternující supresí či anizometrií. Úspěšnost adaptace klienta na monovision je okolo 60%, vždy záleží na stavu binokulárního vidění. Při korekci monovision klient částečně ztrácí prostorové vidění, míra redukce stereopse je vždy individuální. Metodou monovision lze korigovat presbyopii jak brýlemi, tak i kontaktními čočkami či laserovým zákrokem. [2, 27]

Dominantní oko se koriguje na dálku, nedominantní oko se koriguje na blízkou vzdálenost. Korigované oko na dálku by také mělo mít lepší vizus na dálku než oko korigované na blízkou vzdálenost. [2, 27]

Výhoda monovision je nejenom ve finanční stránce, kdy v brýlích jsou monofokální čočky, tak i ve vidění klienta na všechny vzdálenosti s jednou korekční pomůckou. Nevýhodou je zásah do binokulárního vidění – redukce stereopse a doba návyku na korekci monovision. Hlavním omezením jsou problémy se supresí rozmazaného obrazu druhého oka např. při řízení vozidla v noci či při práci na střední vzdálenost u počítače. Klient by neměl řídit či obsluhovat stroje, dokud se plně neadaptuje na korekci monovision. [2, 27]

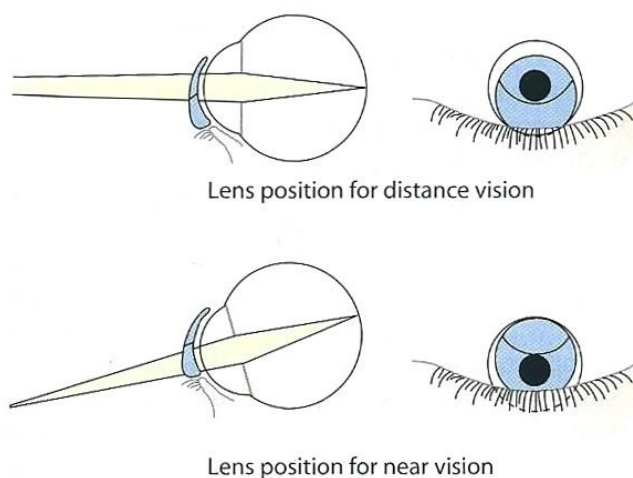
## 6.2 Kontaktní čočky

U presbyopických klientů využití kontaktních čoček rozšiřuje nové možnosti korekce zraku a tím i možnost splnění požadavků klienta na vidění, především pokud klient už kontaktní čočky nosí. [29, 30]

Pro korekci presbyopie mohou být využity jak tvrdé, tak měkké čočky. Korekce je uskutečněna na principu alternujícího či simultánního vidění. Alternující design čočky umožňuje klientovi oddělenou korekci na dálku a na blízko, tento design je využíván především u bifokálních měkkých a tvrdých čoček. Simultánní design čočky promítá najednou všechna předmětová ohniska na sítnici. Tento princip designu čočky funguje na změně průměru pupily a na supresi rozmazaného obrazu, do této kategorie řadíme tvrdé a měkké multifokální kontaktní čočky. Korigovat presbyopii kontaktními čočkami lze také metodou monovision. [29, 30]

### 6.2.1 Bifokální kontaktní čočky

Bifokální kontaktní čočky fungují na podobném principu jako bifokální brýlová skla, sestávají se z dílu pro vidění na dálku a segmentu pro vidění do blízka. Alternující vidění s bifokálními kontaktními čočkami vyžaduje značnou pohyblivost čočky, aby segmenty na dálku a blízko při interakci s očními víčky mohly být umístěné před pupilou. Při přímém pohledovém směru je díl pro vidění na dálku umístěný před pupilou. Při pohledu směrem dolů při pohledu do blízka segment na blízko se posune nahoru a umožní ostré vidění na blízko (viz Obrázek 14). [2, 28, 30]



**Obrázek 14:** Tvrdá bifokální čočka při pohledu do dálky a do blízka. [2]

Bifokální kontaktní čočky s alternující adicí jsou nejčastěji stabilizovány pomocí trunkace. Dolní víčko má důležitou roli v centraci a stabilizaci čočky, hranice spodního víčka by neměla být níže než je dolní okraj limbu, v opačném případě posun kontaktní čočky je méně efektivní. [2, 28]

### 6.2.2 Multifokální kontaktní čočky

Pro multifokální kontaktní čočky je typická metoda simultánní adice, kdy jsou najednou promítána všechna předmětová ohniska na sítnici při jakémkoliv úhlu pohledu. Důležitou úlohu pro princip multifokální kontaktní čočky má také velikost pupily. Při fixaci na určitou vzdálenost jedna zóna čočky vytváří ostrý obraz na sítnici, zatímco druhá zóna pro odlišnou ohniskovou vzdálenost vytvoří rozmazaný obraz na sítnici. Tedy například při pozorování

předmětu v dáli je na sítnici vytvořen ostrý obraz takovými částmi čočky v rámci oblasti pupily, které slouží pro korekci na dálku, zóny čočky pro korekci na blízko paralelně vytváří neostrý sítnicový obraz. Princip simultánní adice spočívá na přirozené schopnosti mozku vybrat si z nabízených obrazů (dálka či blízko) ostrý obraz a druhý potlačit. [2, 29, 31]

Simultánní adice má za následek snížení kontrastní citlivosti a zrakové ostrosti. U simultánní adice je nutnost relativní stability kontaktní čočky na oku. [2, 29, 31]

### **Druhy multifokálních kontaktních čoček se simultánní adicí:**

#### **a. Bi-koncentrický design**

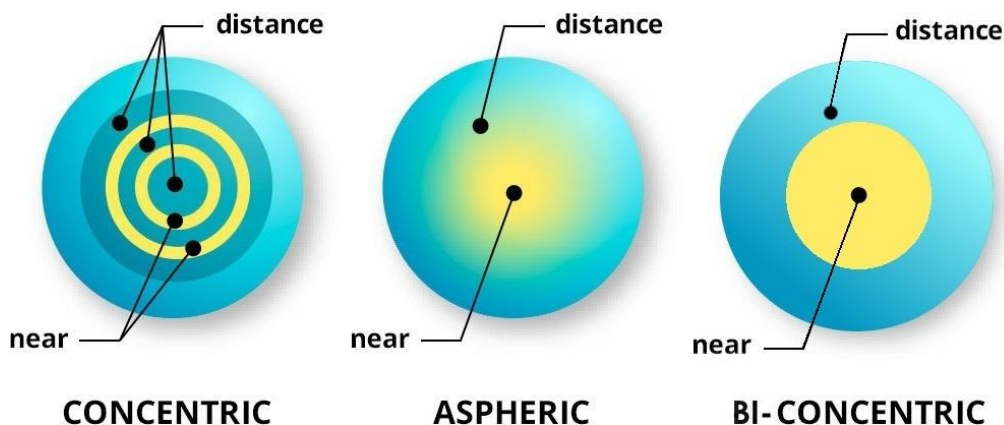
Bi-koncentrický design se skládá ze dvou oddělených zón pro vidění na dálku a na blízko. V centrální zóně je segment pro blízké vidění, okolo je obklopen zónou pro dálku či design může být přesně naopak, v centrální zóně je segment pro dálku a okolo pro blízké vidění. Při tomto designu je zásadní role velikosti pupily. Při pohledu na blízko a při vysokém osvětlení nastává mióza, do oka vstupují paprsky pouze ze segmentu na blízké vidění při jeho umístění v centrální zóně. Při pohledu do dálky do oka vstupují i paprsky ze zóny pro daleké vidění. [2, 29]

#### **b. Multi-koncentrický design**

Multi-koncentrický design se skládá z mnoha koncentrických zón. Tento design vznikl na podkladu závislosti funkce velikosti pupily u bi-koncentrického designu, především vzhledem ke světelným podmínkám, multi-koncentrický design tuto závislost na velikosti pupily minimalizuje. [2]

#### **c. Asférický design**

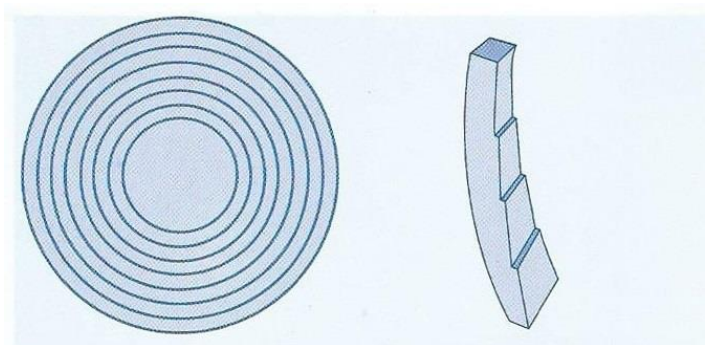
U kontaktní čočky s asférickým designem se dioptrická hodnota postupně mění od geometrického středu čočky k periferii. Princip vidění je obdobný stejně jako u bi-koncentrického designu, velikost pupily určuje vidění na dálku a blízko. Asférický design se dále dělí podle druhu segmentu v centrální zóně, kde může být umístěno vidění na dálku či blízko. Dnes je tento design nejvyužívanější u multifokálních kontaktních čoček. [2, 29, 30]



**Obrázek 15:** Design bi-koncentrické, multi-koncentrické a asférické multifokální kontaktní čočky. [32]

#### d. Difrakční design

Kontaktní čočka s difrakčním designem využívá refrakci pro ostré zobrazení dalekých předmětů a refrakci a difrakci pro ostré zobrazení blízkých předmětů. Na zadní straně čočky jsou 2-3  $\mu\text{m}$  hluboké koncentrické vrypy, které slouží jako ohybová mřížka a směřují paprsky od blízkého předmětu na sítnici. Přibližně 20% paprsků je nevyužitých v důsledku vysoké difrakce čočky, na vytvoření obrazu dalekého a blízkého bodu zbývá pak 40% paprsků pro každý obraz. Dnes již tento druh kontaktních čoček není využíván. [2]



**Obrázek 16:** Difrakční design čočky s koncentrickými vrypy. [2]

### 6.2.3 Monovision

Korekce monovision patří mezi metody se simultánní adicí. Principy korekce monovision kontaktní čočkou jsou totožné jako u korekce monovision brýlovou čočkou. [2, 30]



## 6.3 Další možnosti presbyopie

Při korekci presbyopie lze kombinovat různé metody korekce zraku. Pro dlouhodobé nositele kontaktních čoček na dálku se nabízí možnost používat k této korekci brýlovou monofokální korekci na blízko, či opačně – používat kontaktní čočky pro korekci blízké či střední vzdálenosti. [1, 29]

# 7. Invazivní korekce presbyopie

Mezi invazivní korekci presbyopie řadíme nitrooční operace (implantace speciálních nitroočních čoček) a rohovkové operace, obě metody nahrazují i potřebnou akomodaci klienta. Korekce presbyopie nitrooční čočkou se nazývá PRELEX – presbyopic lens exchange. Implantace probíhá v rámci operace katarakty či pouze při extrakci čiré čočky a implantaci umělé. Mezi rohovkové operace řadíme např. konduktivní keratoplastiku či laserové zákroky na rohovce jako například metodu multifocal LASIK, monovision LASIK či Intracor. [1, 33, 34]

## 7.1 Nitrooční operace

Nitroočních čoček pro korekci presbyopie existuje mnoho druhů, může být využita bifokální či trifokální intraokulární čočka (IOL), multifokální IOL na principu refrakce či difrakce (zde funguje obdobný princip jako u kontaktních multifokálních čoček). [35]

### 7.1.1 Intraokulární akomodační čočka

Akomodační nitrooční čočky patří mezi pokročilejší typy nitroočních implantátů, korigují vidění na blízkou i dalekou vzdálenost. Akomodační čočka se posouvá lehce dopředu uvnitř oka jako odezva při zaostřování na blízko. Tento pohyb dopředu umožňují flexibilní haptiky akomodační čočky. Při kontrakci ciliárního svalu se uvolní zonulární vlákna a zvýší se tlak sklivce za pouzdrem oční čočky, která byla odejmuta. Tyto dvě akce umožňují akomodační nitrooční čočce se posunout směrem dopředu se současným zvýšením optické mohutnosti této čočky pro vidění na blízko. Při fokusaci na dálku a tedy i klidovém stavu ciliárního svalu se nitrooční čočka vrátí do původní pozice. Přesný princip akomodační nitrooční čočky není doposud zcela objasněn. [1, 33]

### **7.1.2 Intraokulární multifokální čočka**

Obvykle využívanou nitrooční čočkou je multifokální čočka. Tato čočka funguje na stejném principu jako multifokální kontaktní čočka s koncentrickým či difrakčním designem, kdy na základě refrakce a difrakce či jejich kombinace se na sítnici tvoří více ohnisek pro blízko a dálku. Mezi hlavní nevýhody řadíme především snížení kontrastní citlivosti podobně jako u kontaktních čoček, mezi subjektivní potíže patří oslnění, halo či rozostření. Při implantaci této čočky pouze monokulárně jsou subjektivní potíže znatelnější, při implantaci binokulárně neuroadaptace na čočku probíhá rychleji a pacient přestane vnímat tyto problémy v řádu týdnů či měsíců. [1, 33, 35]

## **7.2 Rohovkové operace**

Mezi nelaserové zákroky na rohovce se řadí konduktivní keratoplastika. Laserové operace využívají excimerového či femtosekundového (Intracor) laseru k modelaci rohovky k následné změně optické mohutnosti rohovky. LASIK a ostatní laserové operace jako PRK, Epi-LASIK a LASEK mohou být modifikovány také ke korekci presbyopie. [33, 34]

### **7.2.1 Konduktivní keratoplastika**

Konduktivní keratoplastika je nelaserový zákrok pro korekci hypermetropie a presbyopie, u korekce presbyopie je alternativou k laserovým zákrokům např. při pooperačních potížích. Konduktivní keratoplastika využívá radiových vln k zahřátí perifernímu rohovkovému stromatu, při dosažení teploty 65°C dochází ke smrštění kolagenních vláken v periferii rohovky. Smrštění vláken v periferii má za následek zvýšení centrálního vyklenutí rohovky, blízké předměty se zobrazí na sítnici ostře. [33, 34]

### **7.2.2 Multifocal LASIK**

Laserový zákrok multifokální metodou LASIK či také PresbyLASIK funguje na stejném principu jako multifokální kontaktní čočka. Excimerovým laserem jsou ve stromatu rohovky vytvořeny koncentrické kruhy, které zajišťují vidění na dálku i blízko. [33]

### **7.2.3 Monovision LASIK**

Laserovým zákrokem lze korigovat presbyopii metodou monovision, pro vidění platí stejné principy jako u brýlové korekce či korekce kontaktními čočkami, dominantní oko je plně korigováno na dálku, druhé nedominantní oko na blízko. Tato metoda korekce je vhodná pro pacienty využívající již metodu monovision v rámci neinvazivní korekce presbyopie. [33]

### **7.2.4 Intracor**

Intracor patří mezi novější metody korekce presbyopie laserovým zákrokem. Tato metoda využívá femtosekundový laser, který provádí úpravu rohovky pouze ve stromální části rohovky, při zákroku není nijak narušen povrch rohovky tak jako u ostatních laserových technik. Ve stromatu v centrální části jsou v rohovce opracovány koncentrické kruhy, které vedou k mírnému vyklenutí rohovky v centrální části. Metoda Intracor je monokulární, provádí se na nedominantním oku, v případě že výsledek zákroku není dostatečný, provádí se zákrok i na druhém oku. [33, 36]

## 8. Experimentální část

### 8.1 Úvod

V experimentální části bakalářské práce jsem se zabývala korekcí presbyopie a jejím vztahem k věku klienta. Dle výsledků měření v experimentální části bylo cílem potvrdit vztah korekce presbyopie a věku klienta. Dále jsem se též zaměřovala na určení presbyopické adice početní metodou, jež využívá poměr akomodační šíře (viz 6.1.2), vypočtenou adici jsem porovnávala s hodnotami adice naměřenými v experimentální části.

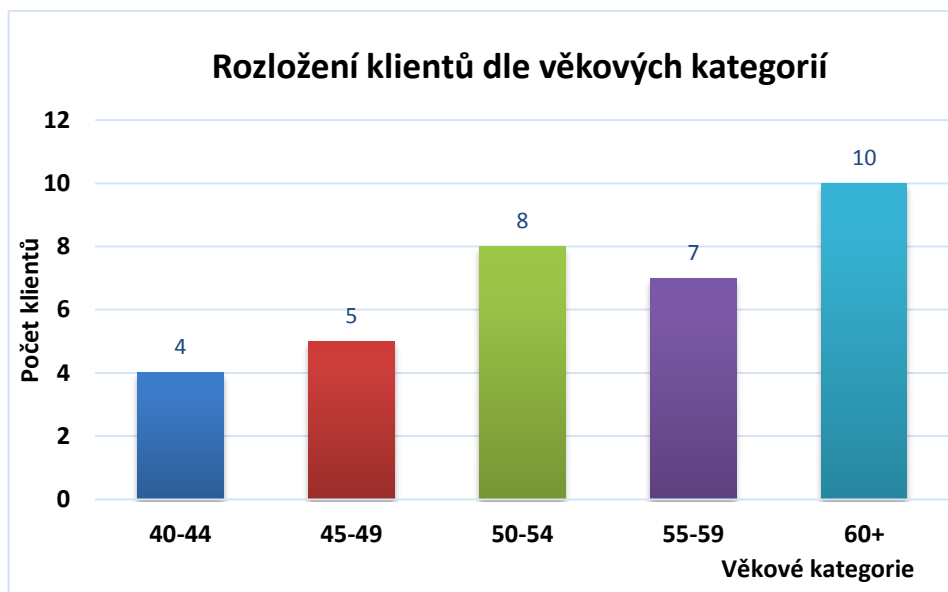
V rámci experimentálního měření byly sledovány i některé další souvislosti s korekcí presbyopické adice v optometristické praxi, následující údaje byly zjišťovány prostřednictvím dotazníku. Mezi tyto údaje patří nepoužívanější čtecí a počítačová vzdálenost, procentuální zastoupení v používání stolního počítače a notebooku, průměrný věk klienta v momentě, kdy si poprvé obstaral korekci do blízka či zkoumání souvislosti výšky klienta a čtecí vzdálenosti na základě předpokladu, že výška klienta souvisí s délkou paže a následně i delší čtecí vzdáleností.

### 8.2 Popis souboru

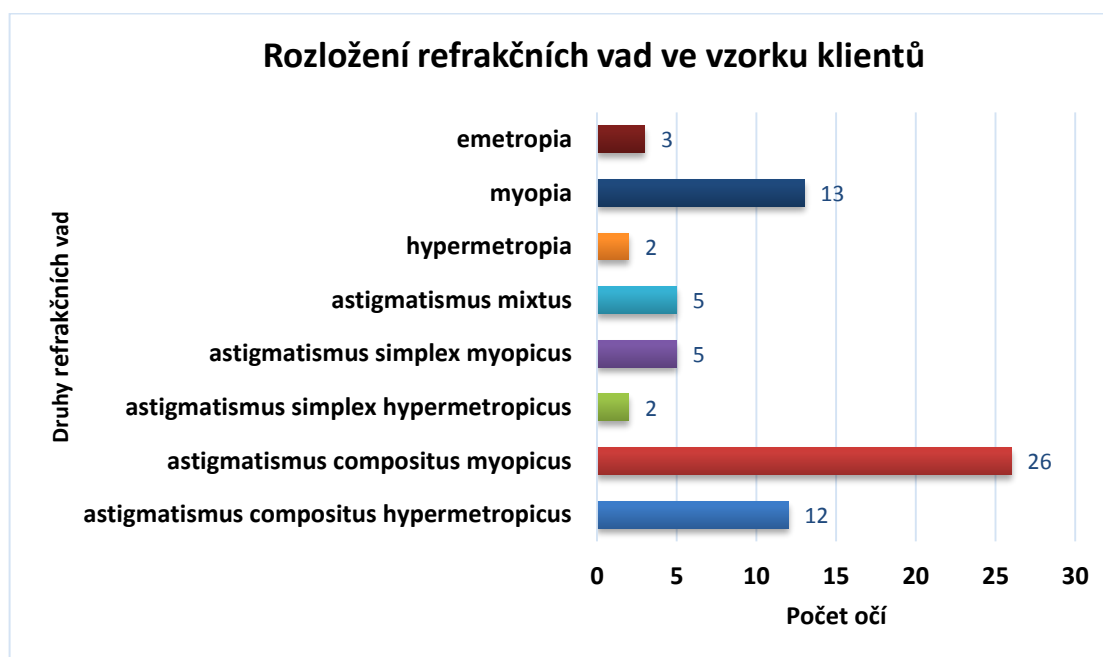
Experimentální části se zúčastnilo 34 klientů, z toho 17 žen a 17 mužů. Podmínkou pro měření byl minimální věk 40 let a doposud nepodstoupená operace katarakty. Věkové rozmezí klientů bylo 40-82 let (ročníky narození 1978-1936), průměrný věk klienta byl 56 let. Vzorek klientů byl rozdělen do pěti věkových kategorií, pro každou z kategorií byla stanovována hodnota adice. Věkové kategorie byly následující: klienti 40-44 let, klienti 45-49 let, klienti 50-54 let, klienti 55-60 let a klienti starší 60 let. Rozložení klientů dle věkových skupin je zaznamenáno v Obrázku 17.

Průměrný sférický refrakční deficit všech klientů byl  $-0,478$  D, rozsah sférických refrakčních deficitů se pohyboval mezi  $-9,0$  až  $+4,0$  D. Průměrný cylindrický deficit měl hodnotu  $-0,594$  D, rozsah cylindrických deficitů se pohyboval mezi  $0$  až  $-5,0$  D.

Rozložení četnosti refrakčních vad ve vzorku klientů (64 očí) zobrazuje Obrázek 18.



Obrázek 17: Graf četnosti klientů vzhledem k věkovým kategoriím



Obrázek 18: Graf rozložení četnosti refrakčních vad ve vzorku klientů

### 8.3 Metodika experimentálního měření

Měření klientů probíhalo v období od 1.12.2017 – 31.3.2018 ve vyšetřovací místnosti Optiky Jaroslav Polícar v Praze.

### 8.3.1 Objektivní a subjektivní refrakce

Při stanovování adice je důležitá správně určená korekce na dálku, při podkorigování se u myopů adice snižuje a u hypermetropů zvyšuje, při překorigování naopak.

Pro zjištění objektivní složky refrakce bylo využito autorefraktometru Potec PRK-5000, subjektivní refrakce byla měřena na LCD optotypu Polaskop 3D od firmy Augenoptik s využitím manuálního foropteru RTE 60 od firmy Essilor, vyšetřovací vzdálenost byla 470 cm.

Subjektivní refrakce byla měřena monokulárně s využitím dat z objektivní refrakce a hodnot z původní korekce klienta. Měření proběhlo metodou nejlepší sféry, cylindrická složka korekce byla měřena na bodovém optotypovém testu. Po určení monokulární refrakce na pravém i levém oku následovalo binokulární vyvážení, bylo využito třířádkového polarizačního testu a bichromatického balančního testu Osterberg. Na závěr byly naměřené hodnoty přesazeny do brýlové obruby, následoval test na pravé nekonečno s binokulárním flipperem  $\pm 0,25$  D.

### 8.3.2 Stanovení adice

Při stanovení adice byly použity Jägerovy čtecí tabulky od firmy Essilor. Po testu na pravé nekonečno byla korekce ponechána ve zkušební obrubě. Stanovení adice probíhalo komplexněji dle protokolu pro experimentální část bakalářské práce, než je obvyklé v optometristické praxi.

Pro stanovení adice se využívala předběžná adice dle věku klienta a dle pracovní vzdálenosti, případně odhadnutí adice dle dosaženého nejlepšího vizu na čtecí tabulce. Finální adice se potvrzovala stanovením intervalu ostrého vidění, kdy požadovaná čtecí vzdálenost byla v  $1/2 - 1/3$  intervalu před klientem. Finální adice byla potvrzena binokulárním flipperem  $\pm 0,25$  D.

Adice se stanovovala na klientovu oblíbenou čtecí vzdálenost a na konvenční čtecí vzdálenost, která byla nastavena na 40 cm. Na čtecích tabulkách pro určení adice klienta byl využit vizus 0,8 či 1,0, vždy dle nejlepšího výsledku klienta.

Dále se v rámci stanovení adice určovala redukce pro počítačovou vzdálenost. Zde také byly využity čtecí tabulky, při měření se pracovalo s hodnotami vizu 0,2, 0,32 či 0,4, které odpovídají počítačovému fondu. Redukce na počítačovou vzdálenost od stanovené adice se

určovala na konvenční počítačovou vzdálenost stanovenou na 70 cm, dále se zaznamenávala i klientova oblíbená počítačová vzdálenost.

V rámci experimentální části je adice stanovena i početní metodou. Pro tuto metodu se určoval binokulární blízký bod akomodace NPA klienta, který je nezbytný pro určení akomodační amplitudy klienta metodou push-up. NPA byl měřen pomocí brýlové obruby s použitím malé čtecí tabulky umístěné na okluzoru Essilor. Na dálku plně vykorigovanému klientovi byla ukázána malá čtecí tabulka, která byla přibližována a v momentě rozostření textu byla zaznamenána vzdálenost od rohovky klienta.

Všechny měřené vzdálenosti v rámci experimentální části byly měřeny normovaným dřevěným skládacím metrem.

## 8.4 Cíle práce a hypotézy

Jedním z hlavních cílů práce bylo určení presbyopické adice vzhledem k věku klienta, kdy klienti byli rozděleni do pěti věkových kategorií dle vzoru určování předběžné adice u zdrojů [2,9,22]. Dále bylo cílem stanovení korelace mezi věkem klienta a hodnotou adice.

Pro porovnání adice stanovené měřením a výpočtem využívající poměr akomodační šíře byly vytvořeny hypotézy  $H_{01}$  a  $H_{02}$ .

Nulová hypotéza  $H_{01}$  a alternativní hypotéza  $H_1$  zkoumají vztah mezi určením adice měřením a výpočtem u všech klientů na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ .

*$H_{01}$ : Mezi určením adice měřením či výpočtem u všech klientů není žádný statisticky signifikantní rozdíl.*

*$H_1$ : Mezi určením adice měřením či výpočtem u všech klientů je statisticky signifikantní rozdíl.*

Nulová hypotéza  $H_{02}$  a alternativní hypotéza  $H_2$  zkoumají vztah mezi určením adice měřením a výpočtem u klientů do 60 let věku na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ .

*$H_{02}$ : Mezi určením adice měřením či výpočtem u klientů do 60 let věku není žádný statisticky signifikantní rozdíl.*

*$H_2$ : Mezi určením adice měřením či výpočtem u klientů do 60 let věku je statisticky signifikantní rozdíl.*

## 8.5 Analýza experimentální části

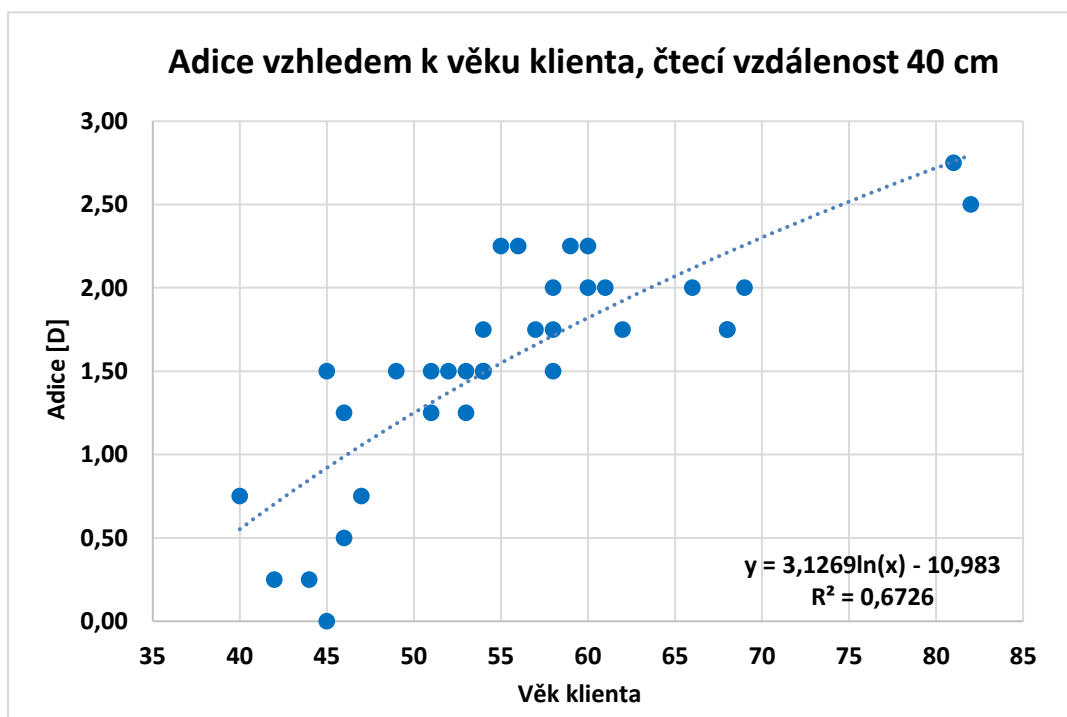
### 8.5.1 Adice a její vztah k věku klienta

V této kapitole jsou popsány výsledky experimentálního měření adice na jednotnou čtecí vzdálenost 40 cm a je také zkoumána závislost hodnoty adice na věku klienta.

V grafu na Obrázku 19 jsou zaznamenána data hodnoty adice vzhledem k věku klienta, graf je proložen logaritmickou spojnicí trendu, která nejvíce sleduje hodnoty adice, výsledná rovnice má tvar:

$$y = 3,1269 \ln(x) - 10,983 \quad (5)$$

kdy  $y$  je hodnota adice a  $x$  věk klienta.



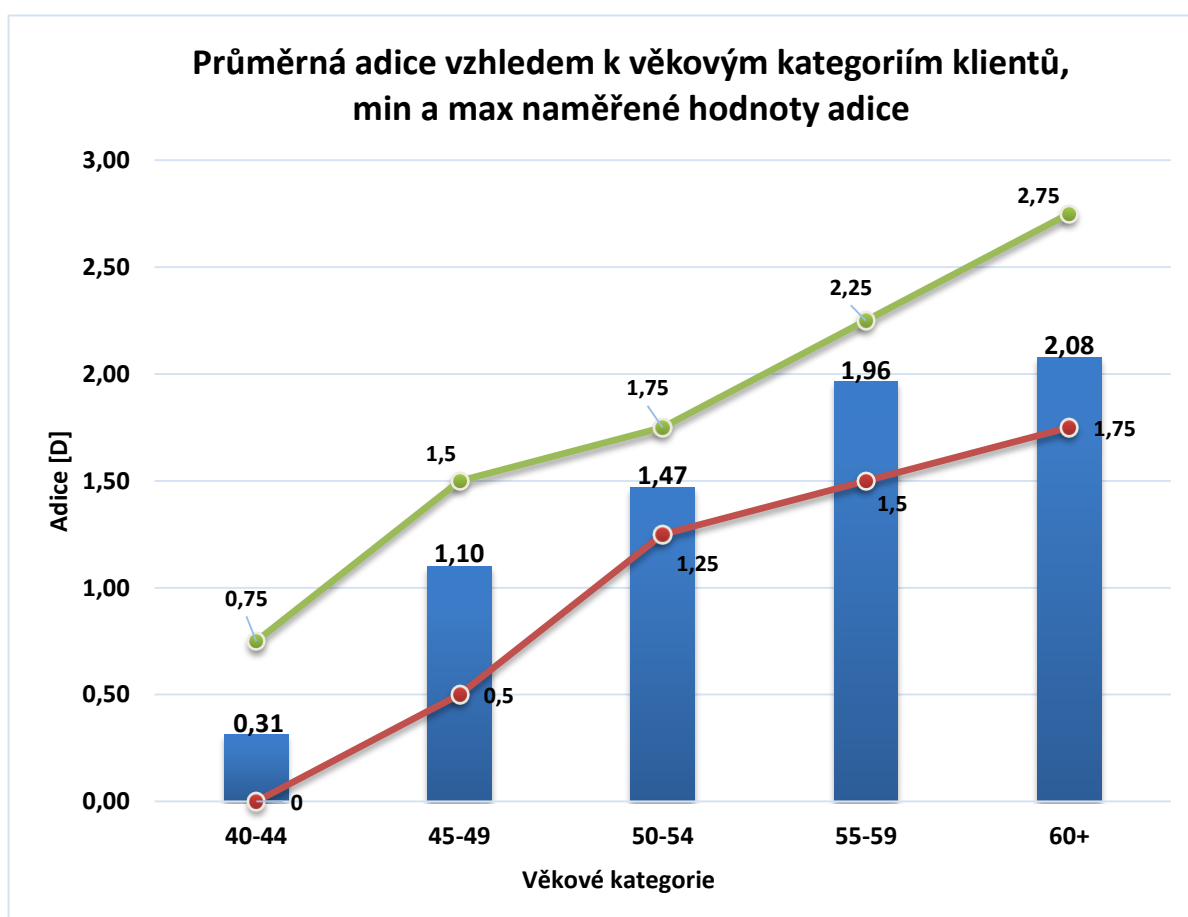
**Obrázek 19:** Graf naměřených hodnot adice vzhledem k věku klienta.

V Tabulce 2 a na Obrázku 20 jsou znázorněny hodnoty průměrné adice experimentálního měření pro dané věkové kategorie. Průměrná adice dle experimentálního měření pro věkovou kategorii 40-44 let je stanovena na 0,31 D, pro kategorii 45-49 let 1,10 D, pro kategorii 50-54 let 1,47 D, pro kategorii 55-59 let 1,96 a pro klienty starší 60 let 2,08 D. V Tabulce 2 jsou pak pro tyto hodnoty adice stanoveny střední odchylky a také znázorněn interval maximálních a minimálních naměřených hodnot adice pro danou věkovou kategorii.



**Tabulka 2:** Tabulka hodnot průměrné adice včetně směrodatné odchylky vzhledem k věkovým kategoriím klientů, minimální a maximální hodnoty naměřených adic u jednotlivých věkových kategorií.

Věková kategorie	Počet klientů	Průměrná adice [D]	Směrodatná odchylka	Interval min a max naměřených adic [D]
40-44	4	<b>0,31</b>	$\pm 0,27$	0,00 - 0,75
45-49	5	<b>1,10</b>	$\pm 0,41$	0,50 - 1,50
50-54	8	<b>1,47</b>	$\pm 0,15$	1,25 - 1,75
55-59	7	<b>1,96</b>	$\pm 0,28$	1,50 - 2,25
60+	10	<b>2,08</b>	$\pm 0,32$	1,75 - 2,75



**Obrázek 20:** Graf průměrných naměřených hodnot adic vzhledem k věkovým kategoriím klientů, minimální a maximální naměřené hodnoty adice u jednotlivých věkových kategorií.

### Korelace hodnoty adice a věku klienta

Při zkoumání závislosti mezi hodnotou adice a věkem klienta byl použit Pearsonův korelační koeficient, který nabývá hodnot od -1 do +1, hodnoty jsou bezrozměrné. Záporné hodnoty koeficientu ukazují na nepřímou závislost dat, zatímco kladné hodnoty koeficientu potvrzují přímou závislost. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu pro zjištění závislosti mezi věkem klienta a stanovenou hodnotou adice na 40 cm byla 0,792.

### 8.5.2 Adice určená výpočtem

Pro výpočet předběžné adice byl použit vzorec (6) z kapitoly 5.1.2. Vzorec pracuje s akomodační šíří, pro určení adice využívá 1/2 či 2/3 akomodační šíře, zbytek je ponechán jako akomodační rezerva.

$$\text{předběžná adice} = \text{prac. vzdálenost v dpt} - 1/2 \text{ akomodační šíře v dpt (popř. } 2/3)$$

Akomodační šíře u všech výpočtů byla stanovena jako vergence binokulárního blízkého bodu akomodace v metrech, který byl určen push-up metodou u vykorigovaného klienta na dálku. Pracovní vzdálenost byla stanovena na 40 cm, vergence v metrech se rovná 2,5 D, což odpovídá akomodačnímu úsilí potřebného k zobrazení ostrého předmětu ve 40 cm.

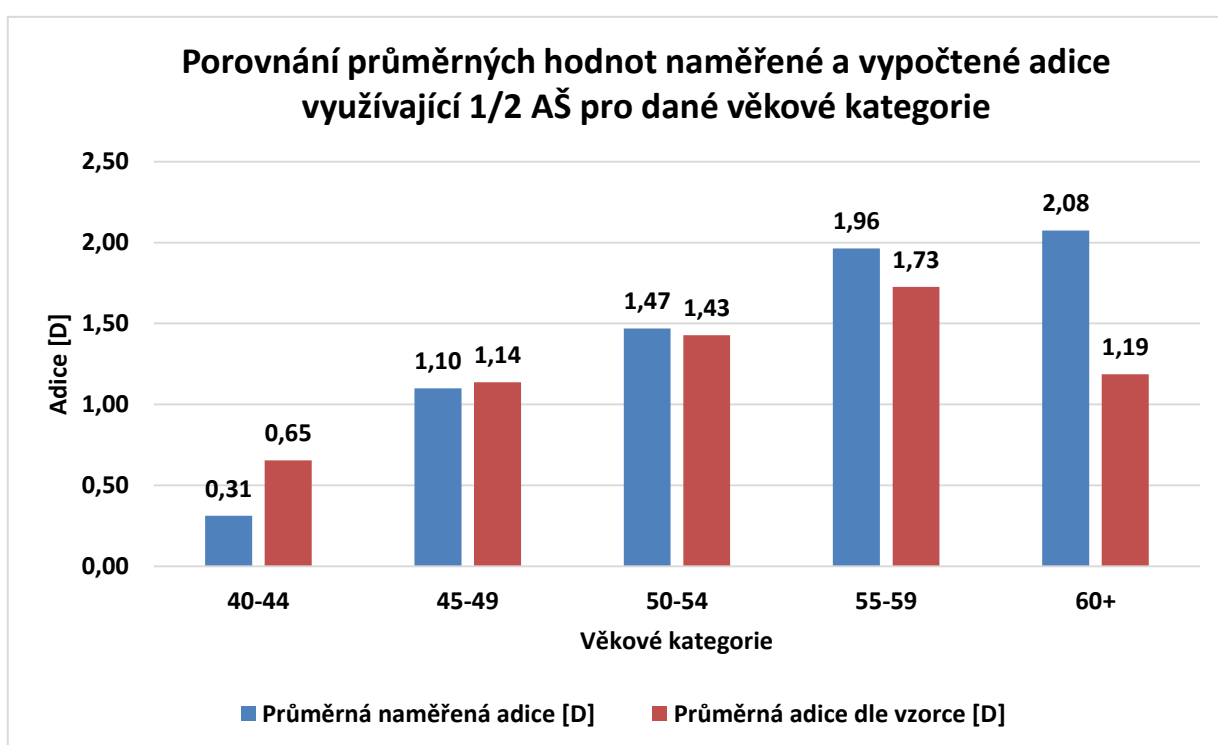
Jak bylo zmíněno v kapitole 5.1.2, zdroje se neshodují, zda pro výpočet adice využít 1/2 či 2/3 akomodační šíře. K využití 1/2 se přiklání např. Elliott, Rabbetts [15, 17], k využívání většího rozsahu akomodační šíře pro práci na blízko, tedy 2/3, se přiklání např. Antona [16]. V Tabulce 3 je porovnána naměřená adice s vypočtenou adicí v obou variantách (odečtení 1/2 a 2/3 akomodační šíře). Naměřeným hodnotám adice se více blíží hodnoty vzorce využívající 1/2 akomodační šíře, proto právě s těmito daty byly vypracovány hypotézy v této kapitole.

Akomodační šíře u klientů nad 60 let se blíží nule (viz kapitola 4.1). Místo akomodační šíře u těchto klientů měříme pouze hloubku ostrosti, proto vzorec na výpočet adice využívající akomodační šíři není účinný (jak je znázorněno i v Tabulce 3).

Na Obrázku 21 jsou porovnány průměrné hodnoty adice z experimentálního měření a průměrné hodnoty adice stanovené výpočtem využívající 1/2 akomodační šíře pro dané věkové kategorie klientů, čtecí vzdálenost byla stanovena na 40 cm.

**Tabulka 3:** Porovnání průměrné naměřené adice a adice dle vzorce využívající různý poměr akomodační šíře ve vztahu k jednotlivým věkovým kategoriím klientů, čtecí vzdálenost 40 cm.

čtecí vzdálenost 40 cm					
Věkové kategorie klientů	40-44	45-49	50-54	55-59	60+
Průměrná naměřená adice [D]	0,31	1,10	1,47	1,96	2,08
Průměrná adice dle vzorce odečítající 1/2 AA [D]	0,65	1,14	1,43	1,73	1,19
Průměrná adice dle vzorce odečítající 2/3 AA [D]	0,04	0,68	1,07	1,47	0,75



**Obrázek 21:** Graf porovnání průměrných hodnot naměřené adice a adice stanovené výpočtem pro dané věkové kategorie, čtecí vzdálenost 40 cm.

### Analýza hypotéz

Pro statistickou analýzu stanovených hypotéz bylo využito dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu, hypotézy  $H_{01}$  a  $H_{02}$  byly zkoumány na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ . Hypotézy  $H_{01}$  a  $H_{02}$  zkoumají použití vzorce využívající poměr akomodační šíře pro stanovení adice v porovnání s hodnotami naměřené adice. Nulová hypotéza  $H_{01}$  a alternativní hypotéza

H1 uvažují všechny klienty bez ohledu na věk, nulová hypotéza  $H_{02}$  a alternativní hypotéza  $H_2$  uvažují klienty pouze do 60 let věku.

Hypotézu  $H_{01}$  („Mezi určením adice měřením či výpočtem u všech klientů není žádný statisticky signifikantní rozdíl.“) zamítáme ( $P \leq \alpha$ ) pro dosaženou hodnotu statistické významnosti u párového oboustranného testu  $P(2) = 0,009$  na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ , hypotézu  $H_1$  („Mezi určením adice měřením či výpočtem u všech klientů je statisticky signifikantní rozdíl.“) přijímáme. Dvouvýběrovým párovým t-testem na střední hodnotu bylo prokázáno, že v určení adice měřením či výpočtem u všech klientů je statisticky signifikantní rozdíl.

Hypotézu  $H_{02}$  („Mezi určením adice měřením či výpočtem u klientů do 60 let věku není žádný statisticky signifikantní rozdíl.“) nezamítáme ( $P > \alpha$ ) pro dosaženou hodnotu statistické významnosti u párového oboustranného testu  $P(2) = 0,338$  na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ , nemůžeme tedy zamítnout ani hypotézu  $H_2$  („Mezi určením adice měřením či výpočtem u klientů do 60 let věku je statisticky signifikantní rozdíl.“). Dvouvýběrovým párovým t-testem na střední hodnotu bylo prokázáno, že mezi určením adice měřením či výpočtem u klientů do 60 let věku není žádný statisticky signifikantní rozdíl.

Výsledky analýzy hypotéz jsou zaznamenány v Tabulce 4.

**Tabulka 4:** Porovnání výsledků analýzy hypotéz.

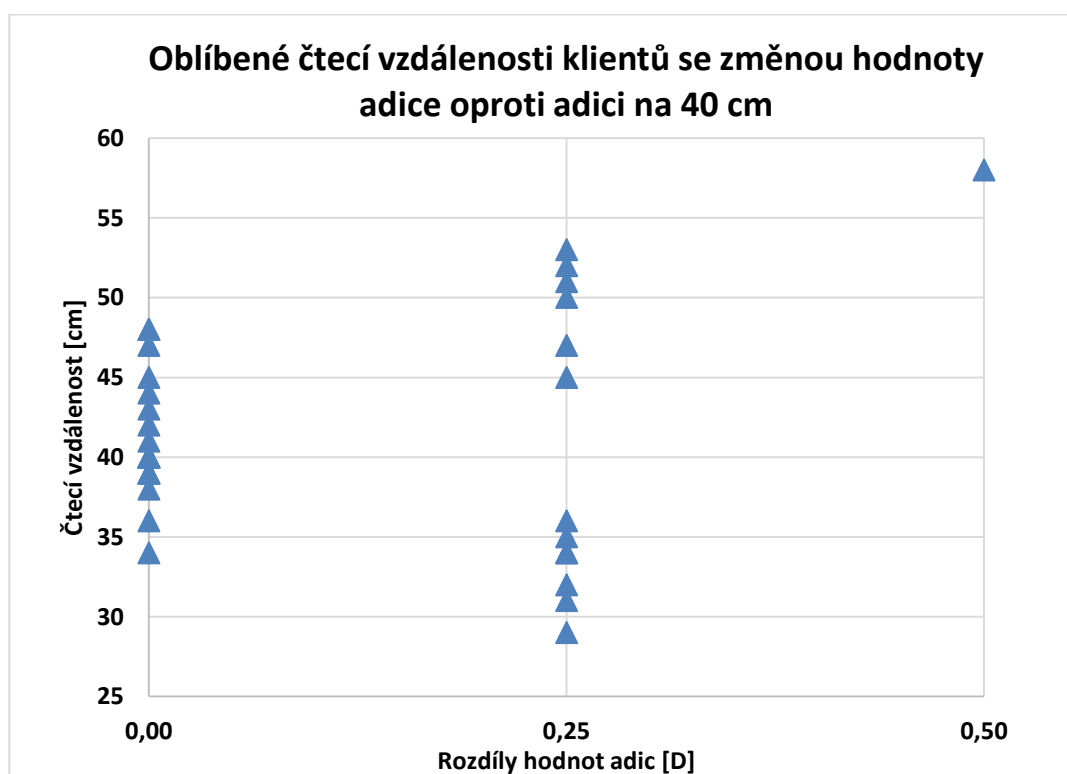
Hypotéza	Hladina významnosti $\alpha$	Dosažená hladina významnosti P	Výsledek
$H_{01}$	0,05	$P(2) = 0,009$	$H_{01}$ zamítáme, $H_1$ přijímáme
$H_{02}$	0,05	$P(2) = 0,338$	$H_{02}$ nezamítáme, $H_2$ nezamítáme

### 8.5.3 Adice ve vztahu s pracovní vzdáleností

Pro splnění všech požadavků klienta na vidění na blízko je nutné také pracovat s klientovou oblíbenou čtecí vzdáleností, ta ve významné míře ovlivňuje hodnotu výsledné adice. Pro ostré zobrazení na různé vzdálenosti je potřeba odlišného akomodačního úsilí (30 cm = 3,3 D, 40 cm = 2,5 D, 50 cm = 2 D), vzhledem k hodnotě akomodační šíře klienta lze potom očekávat odlišné hodnoty adice na různé vzdálenosti.

V experimentální části byla adice měřena na 40 cm a na klientovu oblíbenou čtecí vzdálenost. Pro znázornění významnosti práce s klientovou oblíbenou čtecí vzdáleností byly vytvořeny Obrázek 22 a Tabulka 4 poukazující na změnu adice při odlišné čtecí vzdálenosti než 40 cm.

V grafu na Obrázku 22 jsou znázorněny oblíbené čtecí vzdálenosti klientů a dioptrický rozdíl hodnoty adice na 40 cm a hodnoty adice na oblíbenou čtecí vzdálenost klienta. S rostoucí čtecí vzdáleností se původní adice na 40 cm snižuje, s menší čtecí vzdáleností adice roste. Pouze jednomu klientovi s oblíbenou čtecí vzdáleností 58 cm se snížila adice o  $-0,50$  D oproti původní předběžné adici na 40 cm, 6 klientům s oblíbenými čtecími vzdálenostmi v intervalu 45 – 53 cm se snížila adice o  $-0,25$  D, 20 klientům s oblíbenými čtecími vzdálenostmi v intervalu od 34 – 48 cm byla ponechána totožná hodnota adice jako hodnota adice na 40 cm a 7 klientům s oblíbenými čtecími vzdálenostmi v intervalu od 29 – 36 cm byla adice zvýšena o  $+0,25$  D, vše je zaznamenáno v Tabulce 5. V Tabulce 5 jsou dále uvedeny intervaly maximálních a minimálních oblíbených čtecích vzdáleností klientů ve vztahu s rozdílem hodnoty adice oproti hodnotě adice na 40 cm.



**Obrázek 22:** Graf oblíbených čtecích vzdáleností klientů se změnou hodnoty adice na oblíbenou čtecí vzdálenost oproti hodnotě adice na 40 cm.

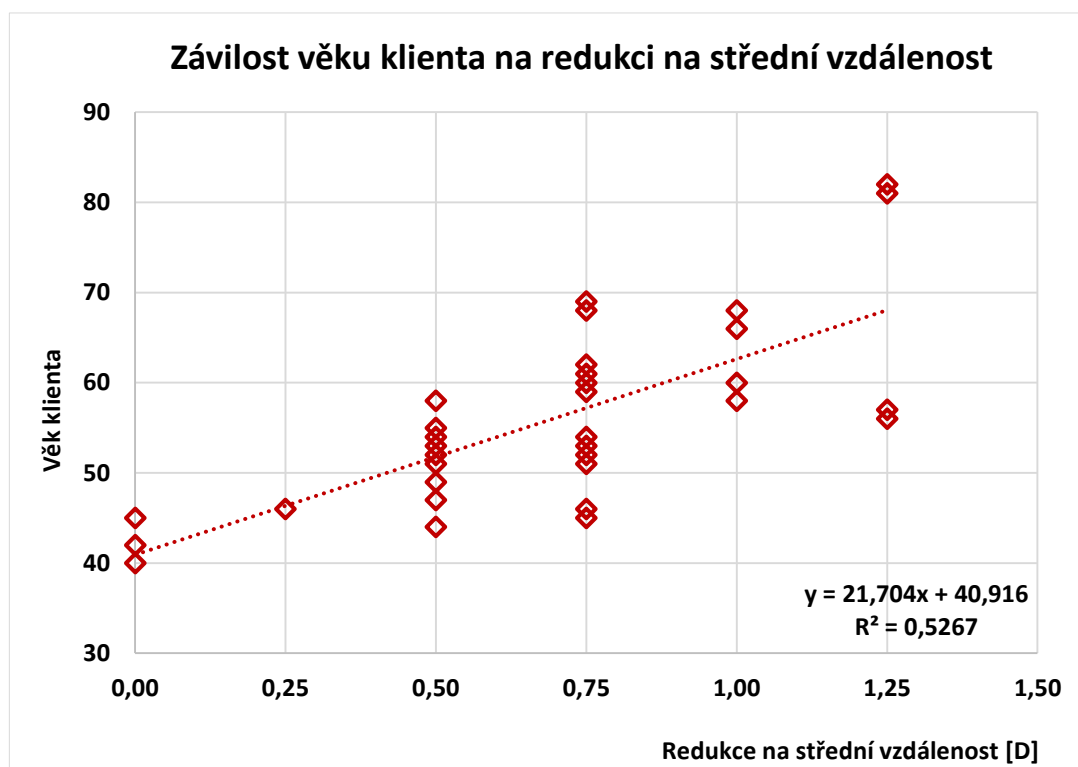
**Tabulka 5:** Rozdíly v hodnotách adice na oblíbenou čtecí vzdálenost klienta a na 40 cm v dioptriích, intervaly oblíbených čtecích vzdáleností ve vztahu k rozdílu v hodnotě adice.

Rozdíl v hodnotě adice oproti adici na 40 cm [D]	Maximální hodnota čtecí vzdálenosti [cm]	Minimální hodnota čtecí vzdálenosti [cm]	Počet klientů
-0,50	58	58	1
-0,25	53	45	6
0,00	48	34	20
0,25	36	29	7

Rozsah naměřených oblíbených čtecích vzdáleností klientů byl v intervalu od 29-58 cm. Průměrná oblíbená čtecí vzdálenost klientů měla hodnotu 41,6 cm, medián se rovnal 40 cm.

#### 8.5.4 Redukce na střední vzdálenost

Redukce na střední vzdálenost neboli na počítačovou vzdálenost je dioptrická hodnota, která se odečítá od hodnoty adice. Redukce se v experimentální části určovala na stanovenou počítačovou vzdálenost 70 cm. Závislost věku klienta na redukci na střední vzdálenost je znázorněna grafem na Obrázku 23. Průměrné hodnoty redukce k dané věkové kategorii jsou zaznamenány v Tabulce 6.



**Obrázek 23:** Graf závislosti věku klienta na redukci na střední vzdálenost.

**Tabulka 6:** Tabulka stanovených redukcí vzhledem k daným věkovým kategoriím včetně směrodatné odchylky a intervalu minimálních a maximálních hodnot naměřených redukcí v rámci dané věkové kategorie.

Věkové kategorie	Průměrná redukce [D]	Směrodatná odchylka	Interval min a max naměřených redukcí [D]
40-44	<b>0,13</b>	± 0,21	0,00 - 0,50
45-49	<b>0,55</b>	± 0,19	0,25 - 0,75
50-54	<b>0,63</b>	± 0,13	0,50 - 0,75
55-59	<b>0,88</b>	± 0,32	0,50 - 1,25
60+	<b>0,93</b>	± 0,19	0,75 - 1,25

V rámci experimentální části byla též zjišťována oblíbená počítačová vzdálenost klientů. Interval oblíbených počítačových vzdáleností klientů se rovnal 46 – 86 cm, průměrná oblíbená počítačová vzdálenost klientů byla 68,1 cm.

### 8.5.5 Analýza dotazníku

Protokol vytvořený pro experimentální část práce také obsahuje doplňující otázky k vyšetření, jejich analýzou se zabývá tato kapitola. Dotazník vyplnilo 24 klientů.

#### První kompenzace na blízko

Klienti byli dotázáni, v kolika letech si pořídili svoji první korekci na blízko, ať už to byly jednoohniskové brýle na blízko, bifokální brýle, multifokální brýle či kompenzace pomocí kontaktních čoček.

Průměrný věk pořízení první korekce na blízko byl 46,9 let.

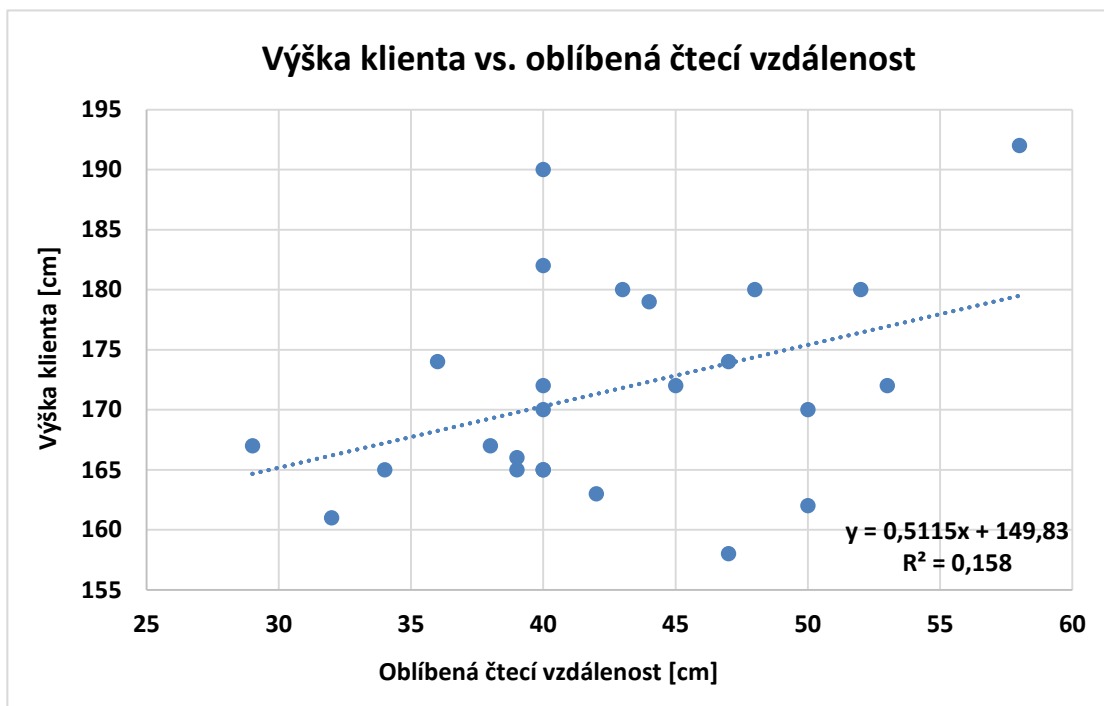
#### Notebook vs. PC

Dalším zkoumaným faktorem při určování redukce na počítačovou vzdálenost byl poměr mezi používáním notebooku a stolního počítače. Bylo sledováno zařízení, které klient využívá nejvíce, nejčastěji tedy v souvislosti se zaměstnáním klienta.

Z celkových 24 klientů 18 používalo stolní počítač, 5 klientů notebook a jeden klient nepoužíval ani jeden z přístrojů. Převáděno na procenta, 75% klientů využívá stolní počítač, 20,8% klientů využívá notebook a 4,2% klientů nevyužívají žádný z uvedených přístrojů.

### Výška klienta vs. čtecí vzdálenost

V rámci dotazníku byla zkoumána souvislost mezi výškou klienta a čtecí vzdáleností na základě předpokladu, že výška klienta přímo úměrně ovlivňuje délku paže klienta a následně i též oblíbenou čtecí vzdálenost klienta. U vyššího klienta jsme tedy předpokládali delší oblíbenou čtecí vzdálenost a naopak. Výsledky jsou zaznamenány v grafu na Obrázku 24.



**Obrázek 24:** Graf porovnání výšky klienta a oblíbené čtecí vzdálenosti.



## 9. Diskuze

Dle zadaných cílů práce byla experimentálním měřením zjištěna průměrná adice pro dané věkové kategorie na čtecí vzdálenost 40 cm (viz kapitola 8.5.1). Rozsah pěti stanovených věkových kategorií byl určen dle vzoru Efrona, Krause a Elliotta [2, 9, 15]. Průměrná adice pro věkovou kategorii klientů 40-44 let měla hodnotu  $+0,31 \pm 0,27$  D, pro věkovou kategorii 45-49 let hodnotu  $+1,10 \pm 0,41$  D, pro věkovou kategorii 50-54 let hodnotu  $+1,47 \pm 0,15$  D, pro věkovou kategorii 55-59 let hodnotu  $+1,96 \pm 0,28$  D, pro věkovou kategorii 60 let a více byla hodnota adice stanovena na  $+2,08 \pm 0,32$  D. Vzhledem k naměřeným výsledkům můžeme konstatovat, že klientům starších než 45 let vzroste adice každých pět let o  $+0,25 - +0,50$  D. Pro přesnější určení hodnoty adice pro danou věkovou kategorii by bylo vhodné více naměřených klientů pro každou věkovou kategorii. Toto lze usoudit z hodnoty směrodatné odchylky u věkové kategorie klientů 50-54 let. Směrodatná odchylka v této kategorii je nejmenší nejspíše vzhledem k velkému počtu změřených klientů a také vzhledem k malému intervalu naměřených maximálních a minimálních hodnot adice pro tuto věkovou kategorii (viz Tabulka 2 a Obrázek 20). Je však nutné říci, že naměřené průměrné hodnoty adic pro dané věkové kategorie se výrazně neliší od zdrojů [2,15].

Pro zjištění korelace naměřené hodnoty adice a věku klienta u dat z experimentální části byl použit Pearsonův korelační koeficient (viz kapitola 8.5.1), který měl hodnotu 0,792. Kladná hodnota koeficientu, která se blíží k hodnotě 1, ukazuje na přímou závislost dat.

Pro vypočtení hodnoty adice využívající poměr akomodační šíře byl použit vzorec (6). Autoři Elliott a Rabbetts [15, 17] se přiklání k využití pouze 1/2 akomodační šíře ve vzorci, např. autor Antona [16] se přiklání k využití 2/3. V Tabulce 3 jsou porovnány hodnoty naměřené adice, hodnoty vypočtené adice při využití 1/2 a 2/3 akomodační šíře. Hodnoty naměřené adice byly brány jako kontrolní vzorek. Hodnoty vypočtené adice vzorcem využívající 1/2 akomodační šíře se výrazně více blížily kontrolnímu vzorku (u čtyřech z pěti stanovených věkových kategorií). Hodnoty vypočtené adice vzorcem využívající 2/3 akomodační šíře byly menší, tento výsledek odpovídá teorii, kdy ve výsledné hodnotě je využit větší poměr akomodační šíře. Pro zkoumání hypotéz v dalších kapitolách proto byly využity hodnoty vypočtené adice vzorcem využívající 1/2 akomodační šíře. Akomodační šíře byla pro výpočet těchto vzorců měřena metodou Push-up, v případě využití jiné metody měření akomodační šíře (např. Minus lens to blur) bychom očekávali jiné hodnoty vypočtené adice.

Porovnáním adice stanovené měřením a výpočtem dle vzorce využívající 1/2 akomodační šíře se zabývaly hypotézy  $H_{01}$  a  $H_{02}$ , pro statistickou analýzu dat byl využit dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu, hypotézy byly zkoumány na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ .

Na základě zamítnutí hypotézy  $H_{01}$  a přijetí hypotézy  $H_1$  bylo prokázáno, že ve stanovení hodnoty adice měřením či výpočtem dle vzorce využívající 1/2 akomodační šíře u všech klientů je statisticky signifikantní rozdíl. Na základě přijetí hypotézy  $H_{02}$  bylo prokázáno, že ve stanovení hodnoty adice měřením či výpočtem dle vzorce využívající 1/2 akomodační šíře u klientů do 60 let věku není statisticky signifikantní rozdíl.

Výsledky statistické analýzy potvrzují, že vzorec pro výpočet hodnoty adice využívající poměr akomodační šíře klienta je účinný pro klienty do 60 let věku, nad 60 let se hodnoty vypočítané adice statisticky liší od hodnot naměřené adice (viz také Tabulka 3 a Obrázek 21). Tento rozdíl v použití vzorce pro výpočet adice je s velkou pravděpodobností způsoben velmi malou hodnotou akomodační šíře (hodnota se blíží k nule) u klientů nad 60 let věku [12, 13]. Místo akomodační šíře je u těchto klientů měřená pouze hloubka ostrosti, proto vzorec pro výpočet adice není tak účinný.

Měření hodnot adic na různé pracovní vzdálenosti v kapitole 8.5.3 prokázalo, jak je nezbytné pracovat s oblíbenou čtecí vzdáleností klienta vzhledem k hodnotě adice. V rámci měření adice na oblíbenou čtecí vzdálenost klienta (rozsahy 29-58cm) se hodnoty adic lišily od původní naměřené hodnoty adice o +0,25 až -0,50 D (viz Obrázek 22 a Tabulka 5). Tyto změny v hodnotě adice odpovídají změně akomodačního úsilí u klienta vykorigovaného na dálku (převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti v metrech) na různé vzdálenosti. Nejoblíbenější čtecí vzdálenost klientů (průměr oblíbených čtecích vzdáleností) měla hodnotu 41,6 cm, tato vzdálenost se blíží ke konvenční čtecí vzdálenosti stanovené v této práci, tedy k 40 cm čtecí vzdálenosti.

Redukce na střední vzdálenost na 70 cm (kapitola 8.5.4) se pohybovala v intervalu od 0,00 do 1,25 D. Průměrná redukce pro pět stanovených věkových kategorií postupně vzrůstala, pro věkovou kategorii 40-44 let byla hodnota průměrné redukce 0,13 D, pro věkovou kategorii 45-49 let hodnota 0,55 D, pro věkovou kategorii 50-54 let hodnota 0,63 D, pro věkovou kategorii 55-59 let hodnota 0,88 D a pro věkovou kategorii klientů starších 60 let byla průměrná hodnota redukce 0,93 D. Hodnota redukce na střední vzdálenost s věkem rostla v důsledku úbytku akomodační šíře, kdy s danou hodnotou korekce mají klienti menší interval ostrého vidění. Průměrná oblíbená počítačová vzdálenost měla hodnotu 68,1 cm.

Dle dotazníku v rámci protokolu byly zjišťovány další podrobnosti týkající se presbyopie. Průměrný věk pro pořízení první korekce na blízko byl 46,9 let. Procentuálně vyjádřeno 75% klientů nejvíce využívá stolní počítač, 20,8% klientů využívá nejvíce notebook, toto rozložení by mohlo mít souvislost se zaměstnáním klienta, kdy většinou v zaměstnáních jsou využívány stolní počítače. Mezi výškou klienta a oblíbenou čtecí vzdáleností nebyla nalezena vyšší korelace za předpokladu, že vyšší klient má delší paže a čtecí vzdálenost by mohla být prodloužena. Oblíbené čtecí vzdálenosti se zdají být čistě individuální a nezávislé na anatomických proporcích klienta.

## 10. Závěr

V optometristické praxi je naším cílem, aby korekční pomůcka presbyopie splňovala klientovy požadavky na vidění pro zachování kvalitního zrakového vjemu na všechny vzdálenosti. Splnění přání a potřeb klienta a stanovení správné korekce vede k jeho celkové spokojenosti s korekční pomůckou.

V teoretické části práce je komplexně popsána presbyopie, tedy princip a teorie akomodace, dále charakteristika presbyopie, metody měření presbyopické adice a invazivní a neinvazivní korekce. Praktická část práce je zaměřena na korekci presbyopie. Byl potvrzen vztah hodnoty adice a věku klienta a stanoveny průměrné hodnoty adice vzhledem k věku klienta. Průměrné hodnoty adice vzhledem k věku jsou často využívány ke stanovení předběžné adice klienta při vyšetření, podílejí se na kratší délce refrakce.

Vzorec pro výpočet hodnoty adice využívající poměr akomodační šíře není v praxi tolik využíván vzhledem k potřebě měření akomodační amplitudy, avšak může sloužit jako určitá kontrola správnosti hodnoty adice klienta. Statistickou analýzou bylo potvrzeno, že vzorec pro výpočet adice je vhodný pro klienty do 60 let věku, u klientů nad 60 let místo akomodační šíře měřena hloubka ostrosti a pravidla vzorce nejsou tak účinná.

Při měření adice na 40 cm a na oblíbenou čtecí vzdálenost klienta byla dokázána důležitost práce s čtecí vzdáleností klienta při vyšetření. Určování čtecí vzdálenosti patří do anamnestických otázek a zjišťování požadavků klienta při vyšetření. V práci také byla znázorněna zvyšující se redukce na střední vzdálenost s věkem klienta. V praxi tato skutečnost znamená také stanovení přesného refrakčního deficitu na střední vzdálenost, především když klient pracuje s počítačem. Potřeba korekce na střední vzdálenost se následně vezme v úvahu při výběru presbyopické korekce.

Hlavním přínosem práce je komplexně shrnutá problematika presbyopie a její korekce, v práci jsou důkladně shrnuty nejpoužívanější metody měření adice, důležitým tématem je hodnota adice v závislosti na věku klienta a také využití vzorce pro stanovení hodnoty adice využívající poměr akomodační šíře.

## Seznam použité literatury

- [1] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] EFRON, Nathan. *Optometry A-Z*. Brisbane, Australia: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 0-7506-4913-5.
- [3] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění. 2.*, dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [4] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [5] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Druhé přepracované. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví Brno, 1993. ISBN 80-7013-148-9.
- [6] ANTON, Milan, Richard BAŠTECKÝ, Blanka BRŮNOVÁ, Miroslav DOSTÁLEK, Sylva HORÁKOVÁ, Jiřina KAHÁNKOVÁ a Marie KOMZÁKOVÁ. *Brylová korekce: Učební text, II. Symposium Dětské Oftalmologie*. Litomyšl: Česká strabologická asociace, 1998.
- [7] How the eye focuses light. *Science Learning Hub* [online]. New Zealand: The University of Waikato, 2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/50-how-the-eye-focuses-light>
- [8] OLÁH, Zoltán, Andrej ČERNÁK, Juraj DÓCI, Anton GERINEC a Josef ŠEVČÍK. *Očné lékařstvo: Učebnica pre lekárske fakulty*. Martin: Osveta, 1992. ISBN 80-217-0437-3.
- [9] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.
- [10] HEINER, Martin, Rudolf GUTHOFF, Thom TERWEE a Klaus-Peter SCHMITZ. Comparison of the accommodation theories of Coleman and of Helmholtz by finite element simulations. *Vision Research* [online]. Elsevier, 2005, (Volume 45, 22), Pages 2910-2915 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698905003354>
- [11] NORN, Morgens a Ove JENSEN. Marius Tscherning (1854–1939): his life and work in optical physiology. *Acta Ophthalmologica Scandinavica* [online]. (Vol. 82 5), Pages 501-508 [cit. 2017-12-17]. DOI:10.1111/j.1600-0420.2004.00340.x. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=2d94b6f1-3c69-42fc-a316-6fdbcb5d7e9cf%40sessionmgr4008&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZSZZY29wZT1zaXRl#db=a9h&AN=14554529>

- [12] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998. ISBN 07-216-5688-9.
- [13] CHARMAN, W. Neil. Developments in the correction of presbyopia I: spectacle and contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* [online]. 2014, **34**(1), 8-29 [cit. 2018-01-06]. DOI: 10.1111/opo.12091. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24205890>
- [14] POLÁŠEK, Jaroslav. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1974.
- [15] ELLIOTT, David B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 4. vyd. Bradford, United Kingdom: Elsevier Saunders, 2014. ISBN 978-0-7020-5194-4.
- [16] ANTONA, Beatriz, Francisco BARRA, Ana BARIO, Angel GUTIERREZ, Elena PIEDRAHITA a Yolanda MARTIN. Comparing methods of determining addition in presbyopes. *Clinical and Experimental Optometry*. 2007, **91**(3), 313-318. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2007.00159.x.
- [17] RABBETTS, Ronald B. *Bennett and Rabbetts' Clinical Visual Optics*. 4. vyd. Portsmouth, UK: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8874-1.
- [18] GLASSER, Adrian a Melanie C.W. CAMPBELL. Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia. *Vision Research* [online]. 1999, 39(11), Pages 1991-2015 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1016/S0042-6989(98)00283-1. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698998002831>.
- [19] MORDEI, John A. a Kenneth J. CIUFFREDA. Dynamic aspects of accommodation: age and presbyopia. *Vision Research* [online]. 2004, 2003, **44**(6), 591-601 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1016/j.visres.2003.07.014. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004269890300659X>
- [20] O'LEARY, Claire I. a Bruce J. W. EVANS. Criteria for prescribing optometric interventions: literature review and practitioner survey. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2003, **23**(5), 429-439 [cit. 2017-12-27]. DOI: 10.1046/j.1475-1313.2003.00137.x. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1475-1313.2003.00137.x/full>
- [21] HABERLAND, Tomáš. Mřížkový test: Opomíjená simultánní metoda jemného sférického dokorigování. *Česká oční optika* [online]. 2009, **50**(03/2009), 58-60 [cit. 2017-12-27]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: [http://www.4oci.cz/archiv\\_4o23-2009-22](http://www.4oci.cz/archiv_4o23-2009-22)

- [22] RUTRLE, Miloš. *Brylová optika: Učební text pro střední zdravotní školy*. 2. přep. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-145-4.
- [23] NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3328-7.
- [24] WALSH, Glyn. Bifocal, trifocal and PAL (varifocal) and other multifocal lens types. In: *FCOptom*[online]. 2001 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: [http://www.apcthai.com/webboard/uploads/EC9\\_53\\_bifocal\\_trifocal\\_and\\_PALs.pdf](http://www.apcthai.com/webboard/uploads/EC9_53_bifocal_trifocal_and_PALs.pdf)
- [25] RUTRLE, Miloš. *Brylová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3347-3.
- [26] NOVÁK, Michal a David KRÁTKÝ. Progresivní čočky "Jak na to". In: *Společenstvo českých optiků a optometristů* [online]. 2018 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: [http://scoo.cz/wp-content/uploads/2013/09/Michal-Novak\\_David-Kratky\\_Olomouc-2013.pdf](http://scoo.cz/wp-content/uploads/2013/09/Michal-Novak_David-Kratky_Olomouc-2013.pdf)
- [27] EVANS, Bruce. Monovision: a review. *Ophthalmic & Physiological Optics*. 2007, **27**(5), 417-439. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2007.00488.x. ISSN 0275-5408.
- [28] SYNEK, Svatopluk. Korekce refrakční vady kontaktní čočkou ve zvláštních případech. In: *Kontaktní čočky: Učební texty pro studium optometrie* [online]. Brno: Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, 2009 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/elportal/estud/lf/ps09/cocky/web/pages/str11.html>
- [29] PRADOS, Roque P., David P. PIÑERO, Rafael J. PÉREZ-CAMBRODÍ a David MADRID-COSTA. Soft multifocal simultaneous image contact lenses: a review. *Clinical and Experimental Optometry*[online]. 2017, **100**(2), 107-127 [cit. 2018-04-10]. DOI: 10.1111/cxo.12488. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/cxo.12488>
- [30] BENNET, Edward S. Contact lens correction of presbyopia. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2007, **91**(3), 265-278 [cit. 2018-04-10]. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2007.00242.x. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1444-0938.2007.00242.x>
- [31] MADRID-COSTA, David, Santiago GARCÍA-LÁZARO, César ALBARRÁN-DIEGO, Teresa FERRER-BLASCO a Robert MONTÉS-MICÓ. Visual performance of two simultaneous vision multifocal contact lenses. *Ophthalmic & Physiological Optics*. Valencia, Spain, 2013, **33**(1), 51-56. DOI: 10.1111/opo.12008. ISSN 0275-5408.

- [32] Multifocal Contact Lenses. *Gagliardi Optometric Clinic* [online]. Woodbridge: Gagliardi Optometric Clinic, 2018 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.dr.gagliardi.com/articles-and-resources/multifocal-contact-lenses>.
- [33] *Refractive Surgery News* [online]. Ceatus Media Group, 2016 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.lasiksurgerynews.com/>
- [34] DU, Ted T., Vincent C. FAN a Penny A. ASBELL. Conductive keratoplasty. *Current Opinion in Ophthalmology* [online]. 2007, **18**(4), 334-337 [cit. 2018-04-11]. DOI: 10.1097/ICU.0b013e3281df2cf0. Dostupné z: [https://journals.lww.com/co-ophthalmology/Abstract/2007/07000/Conductive\\_keratoplasty.11.aspx](https://journals.lww.com/co-ophthalmology/Abstract/2007/07000/Conductive_keratoplasty.11.aspx)
- [35] LICHTINGER, Alejandro a David S. ROOTMAN. Intraocular lenses for presbyopia correction: past, present, and future. *Current Opinion in Ophthalmology* [online]. 2012, **23**(1), 40-46 [cit. 2018-04-11]. DOI: 10.1097/ICU.0b013e32834cd5be. Dostupné z: [https://journals.lww.com/co-ophthalmology/Fulltext/2012/01000/Intraocular\\_lenses\\_for\\_presbyopia\\_correction\\_\\_.9.aspx](https://journals.lww.com/co-ophthalmology/Fulltext/2012/01000/Intraocular_lenses_for_presbyopia_correction__.9.aspx)
- [36] Léčba presbyopie: Intracor. *Klinika Jana Leštáka* [online]. Praha: Oční klinika Jana Leštáka, 2018 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.klinikajl.cz/ocni/lecba-presbyopie/>



## Seznam symbolů a zkratk

R	Daleký bod (punctum remotum)
P	Blízký bod (punctum proximum)
aR	Vzdálenost dalekého bodu [m]
aP	Vzdálenost blízkého bodu [m]
AR	Vergence vzdálenosti dalekého bodu [D]
AP	Vergence vzdálenosti blízkého bodu [D]
D, dpt	Dioptrie
AŠ, AA	Akomodační šíře = akomodační amplituda [D]
add	Adice (z angl. Addition) [D]
NRA	Negativní relativní akomodace
PRA	Pozitivní relativní akomodace
IOL	Nitrooční čočka (z angl. Intraocular lens)
PRELEX	Korekce presbyopie nitrooční čočkou (z angl. Presbyopic lens exchange)
LASIK	Laser In-Situ Keratomileusis
Epi-LASIK	Epithelial Laser In-Situ Keratomileusis
LASEK	Laser Epithelial Keratomileusis
PRK	Fotorefrakční keratektomie (z angl. Photorefractive Keratectomy)

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Stav ciliárního svalu, zonulárních vláken a čočky při fixaci na nekonečno a na blízkou vzdálenost. [7] .....	5
<b>Obrázek 2:</b> Tvar oční čočky při akomodačním procesu dle Helmholtzy teorie. [1].....	6
<b>Obrázek 3:</b> Tvar oční čočky při akomodačním procesu dle Schacharovy a Tscherningovy teorie. [1] .....	7
<b>Obrázek 4:</b> Duanova křivka. Monokulární amplituda akomodace vzhledem k věku. [12] .....	8
<b>Obrázek 5:</b> Monokulární amplituda akomodace vzhledem k věku dle různých autorů. [13]...	9
<b>Obrázek 6:</b> Navrhovaná hodnota adice v závislosti na věku klienta dle různých autorů. [20] .....	12
<b>Obrázek 7:</b> Navrhovaná hodnota adice v závislosti na věku klienta a pracovní vzdálenosti, porovnání s akomodační amplitudou a výsledným rozsahem ostrého vidění. [15] .....	13
<b>Obrázek 8:</b> Navrhovaná adice v závislosti na věku klienta na pracovní vzdálenost 30 cm. [9] .....	13
<b>Obrázek 9:</b> Navrhovaná adice v závislosti na věku klienta, porovnání s akomodační amplitudou. [2] .....	13
<b>Obrázek 10:</b> Mřížkový test. Účinek Jacksonova zkříženého cylindru při vykorigované adici. [21] .....	15
<b>Obrázek 11:</b> Bifokální brýlové čočky s různým tvarem segmentu na blízko. [24] .....	17
<b>Obrázek 12:</b> Příklad mikrogravur progresivní brýlové čočky. [23].....	19
<b>Obrázek 13:</b> Schéma neviditelných zón progresivní brýlové čočky. [25] .....	19
<b>Obrázek 14:</b> Tvrdá bifokální čočka při pohledu do dálky a do blízka. [2] .....	21
<b>Obrázek 15:</b> Design bi-koncentrické, multi-koncentrické a asférické multifokální kontaktní čočky. [32].....	23
<b>Obrázek 16:</b> Difrakční design čočky s koncentrickými vrypy. [2] .....	23
<b>Obrázek 17:</b> Graf četnosti klientů vzhledem k věkovým kategoriím .....	28
<b>Obrázek 18:</b> Graf rozložení četnosti refrakčních vad ve vzorku klientů .....	28
<b>Obrázek 19:</b> Graf naměřených hodnot adice vzhledem k věku klienta. ....	31
<b>Obrázek 20:</b> Graf průměrných naměřených hodnot adic vzhledem k věkovým kategoriím klientů, maximální a minimální naměřené hodnoty adice u jednotlivých věkových kategorií. ....	32
<b>Obrázek 21:</b> Graf porovnání průměrných hodnot naměřené adice a adice stanovené výpočtem pro dané věkové kategorie, čtecí vzdálenost 40 cm. ....	34
<b>Obrázek 22:</b> Graf oblíbených čtecích vzdáleností klientů se změnou hodnoty adice na oblíbenou čtecí vzdálenost oproti hodnotě adice na 40 cm. ....	36
<b>Obrázek 23:</b> Graf redukce na střední vzdálenost vzhledem k věku klienta. ....	37
<b>Obrázek 24:</b> Graf porovnání výšky klienta a oblíbené čtecí vzdálenosti.....	39

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Poloha blízkého a dalekého bodu dle věku, vergence daných vzdáleností v D u emetropického oka. [14].....	9
<b>Tabulka 2:</b> Tabulka hodnot průměrné adice včetně směrodatné odchylky vzhledem k věkovým kategoriím klientů, maximální a minimální hodnoty naměřených adic u jednotlivých věkových kategorií.....	32
<b>Tabulka 3:</b> Porovnání průměrné naměřené adice a adice dle vzorce využívající různý poměr akomodační šíře ve vztahu k jednotlivým věkovým kategoriím klientů, čtecí vzdálenost 40 cm. ....	34
<b>Tabulka 4:</b> Porovnání výsledků analýzy hypotéz. ....	35
<b>Tabulka 5:</b> Rozdíly v hodnotách adice na oblíbenou čtecí vzdálenost klienta a na 40 cm v dioptriích, intervaly oblíbených čtecích vzdáleností ve vztahu k rozdílu v hodnotě adice...37	37
<b>Tabulka 6:</b> Tabulka stanovených redukcí vzhledem k daným věkovým kategoriím včetně směrodatné odchylky a intervalu maximálních a minimálních hodnot naměřených redukcí v rámci dané věkové kategorie. ....	38

## Příloha: Protokol s dotazníkem

### PROTOKOL – Bakalářská práce

*Tereza Höferová*

Příjmení:	Jméno:
E-mail/Tel:	
Ročník narození:	

<b>Anamnéza</b>
Oční/celková anamnéza:
Pracovní anamnéza:
Současná korekce:

Objektivní refrakce				P.D.
P	sph	cyl	osa	
L	sph	cyl	osa	

Subjektivní refrakce				Vis <sub>mon</sub>	Vis <sub>bin</sub>
P	sph	cyl	osa		
L	sph	cyl	osa		

Adice	Konvenční čtecí vzdálenost
	40 cm

Adice	Oblíbená čtecí vzdálenost

Redukce	Konvenční PC vzdálenost
	70 cm

Redukce	Oblíbená PC vzdálenost

s korekcí na dálku	
NPA BINO	

1. V kolika letech jste pocítil/pocítila potřebu řešit korekci na blízko?
2. Kolik měříte cm?
3. Pokud používáte PC, tak jaký typ? PC vs. notebook.