

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2021

**MICHAELA
PELIKÁNOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Vliv čtecí vzdálenosti na výslednou adici

Influence of reading distance on the final addition

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Michaela Pelikánová

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

Kladno 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pelikánová** Jméno: **Michaela** Osobní číslo: **487414**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vliv čtecí vzdálenosti na výslednou adici

Název bakalářské práce anglicky:

Influence of reading distance on the final addition

Pokyny pro vypracování:

V bakalářské práci se studentka zaměří na presbyopii a její vyšetření. Popíše akomodaci, její mechanismus a jednotlivé složky podléjící se na akomodaci. Vysvětlí vznik presbyopie, její vyšetření a možnosti presbyopické korekce. V praktické části se zaměří na individualitu čtecí vzdálenosti u klientů, stanoví dle výzkumu nejčtetnější vzdálenosti pro digitální zařízení a čtecí text. Doporučí vhodné otázky pro zjištění čtecích podmínek klienta presbyopa a zjistí příčinu nesprávně předepsané adice.

Seznam doporučené literatury:

- [1] KUCHYNKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8
- [2] AUTRATA, R., ČERNÁ, J., Nauka o zraku, ed. 1., Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů Brno, 2006, ISBN 80-7013-362-7
- [3] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Markéta Žáková

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**


prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

Název projektu OPT: Vliv čtecí vzdálenosti na výslednou adici

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá problematikou presbyopie a její korekce. Na začátku se práce zaměřuje na charakteristiku pojmu akomodace, jejího mechanismu, jejími poruchami a teoriemi akomodace. Dále je popsána presbyopie, teorie jejího vzniku a postup vyšetření se zaměřením na možnosti korekce.

Experimentální část je zaměřena na individualitu čtecí vzdálenosti. Cílem bylo stanovit nejčtenější čtecí vzdálenost, ověřit hypotézy (*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 33 cm., Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 40 cm.*) a zjistit případnou korelaci adice a čtecí vzdálenosti. Dalším cílem bylo doporučit vhodné otázky pro zjištění čtecí vzdálenosti. V rámci statistické analýzy bylo potvrzeno, že je individualita čtecí vzdálenosti velmi důležitá. Tabulkové hodnoty čtecí vzdálenosti byly totiž dle mého měření vyvráceny.

Klíčová slova:

Presbyopie, mechanismus akomodace, čtecí vzdálenost, adice

Bachelor's Thesis title: Influence of reading distance on the final addition

Abstract:

The bachelor thesis deals with the issue of presbyopia and presbyopic correction. At the beginning, the work focuses on the characteristics of the concept of accommodation, mechanism of accommodation, accommodation disorders and theories of accommodation. Presbyopia, the theory of presbyopia origin and the examination procedure focusing on the possibility of correction.

The experimental part is focused on the individual level of distance. The aim was to determine the most frequent distance, to verify the hypothesis (*The value of the ideal reading distance is 33 cm., The value of the ideal reading distance is 40 cm*). Another goal was to recommend suitable questions for determining the reading distance. The statistical analysis confirmed that individuality of distance is very important. The tabular values of the reading distance were refuted according to my measurements.

Key words:

Presbyopia, mechanism of accommodation, reading distance, addition

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Markétě Žákové Ph.D., za rady a připomínky, které mi při psaní poskytla.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Vliv čtecí vzdálenosti na výslednou adici“ 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), ve znění pozdějších předpisů.

VKladně dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Cíle práce	1
2	Akomodace	2
2.1	Struktury podílející se na akomodaci.....	2
2.1.1	Řasnaté tělísko	3
2.1.2	Závěsný aparát čočky	3
2.1.3	Čočka	3
2.2	Mechanismus akomodace	4
2.2.1	Konvergence	5
2.2.2	Mióza	6
2.3	Teorie akomodace	7
2.3.1	Helmholtzova (kapsulární) teorie	7
2.3.2	Schacharova a Tscherningova teorie	8
2.3.3	Colemanova teorie	9
2.4	Akomodační šíře	9
3	Poruchy akomodace.....	12
3.1	Akomodační exces	12
3.2	Spasmus akomodace	12
3.3	Insuficience akomodace.....	12
3.4	Obrna akomodace	13
4	Presbyopie	14
4.1	Vznik presbyopie	14
4.2	Teorie presbyopie	15
4.3	Vyšetření presbyopie	15
5	Korekce presbyopie	17
5.1	Brylová korekce presbyopie	18
5.1.1	Jednoohniskové brýlové čočky.....	18
5.1.2	Bifokální brýlové čočky	18
5.1.3	Trifokální brýlové čočky	19
5.1.4	Degresivní brýlové čočky.....	19
5.1.5	Multifokální brýlové čočky	20
5.2	Korekce presbyopie kontaktními čočkami.....	21

5.2.1	Jednoohniskové kontaktní čočky	21
5.2.2	Monovision	21
5.2.3	Bifokální kontaktní čočky	22
5.2.4	Multifokální kontaktní čočky	23
5.3	Chirurgická korekce presbyopie	25
5.3.1	Lensektomie – metoda CLE / PRELEX	25
5.3.2	Implantace fakické nitrooční čočky	27
5.3.3	Konduktivní keratoplastika (CK-monovision)	27
5.3.4	Rohovkové implantáty	27
6	Experimentální část	29
6.1	Úvod do experimentální části	29
6.2	Metodika	29
6.2.1	Postup refrakce a použité vybavení	31
6.2.2	Vhodné otázky pro správné stanovení správné adice	31
6.2.3	Cíle práce a hypotézy	32
6.3	Výsledky experimentální části a vyhodnocení	33
6.3.1	Statistické vyhodnocení	38
7	Diskuse	39
8	Závěr	41
	Seznam použité literatury	42
	Seznam symbolů a zkratk	45
	Seznam obrázků	46
	Seznam tabulek	46
	Příloha A: Tabulka s naměřenými hodnotami	47

1 Úvod

Většinu informací z okolí vnímáme zrakem, proto je zrak považován za nejdůležitější lidský smysl. Zrakem vnímáme především kontrast, což nám umožňuje vidět kontury předmětů, rozpoznat jejich vzdálenost a pomoci nám s orientací v prostoru. Díky spolupráci očí dochází k jednoduchému binokulárnímu vidění (JBV). Schopnost JBV nám umožňuje spojit dva rozdílné obrazy obou očí v jeden prostorový vjem. Vnímání kvalitně předměty nacházející se v různých vzdálenostech můžeme díky akomodaci. Akomodace je fyziologický proces, který ale vlivem stárnutí ztrácí na své funkci. Právě touto problematikou se zabývá má práce.

Presbyopie je fyziologickým stavem, kdy oční čočka přestane být schopná měnit svoji optickou mohutnost. Snižuje se akomodační schopnost, což znamená, že oko není schopno zaostřovat na určitou vzdálenost. Právě s přibývajícím věkem (kolem 40. roku) dochází ke změnám na čočce. V dnešní době existují různé způsoby korekce presbyopie. Možností korekce jsou brýle, kontaktní čočky nebo refrakční chirurgie. Finální volba korekce záleží individuálně na každém jedinci, na jeho požadavcích a potřebách.

Nejdůležitější ovšem je mít korekci správně stanovenou. Praktická část se zabývá právě měřením presbyopické korekce a správným předepsáním adice. Důležitým faktorem je individualita ke každému jedinci a stanovení adice dle jeho požadavků na jeho nejpoužívanější čtecí a pracovní vzdálenost.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je stanovení optimální presbyopické adice s ohledem na individualitu klientů. U klientů bude měřena délka jejich čtecí vzdálenosti a porovnávána s ostatními. Vytyčena bude průměrná čtecí vzdálenost a nejčtenější používaná vzdálenost. Následně budou statistickou analýzou porovnávány tabulkové hodnoty s hodnotami mnou naměřenými. Zaměřím se na možnou korelaci mezi čtecí vzdáleností a výslednou adicí v jednotlivých věkových skupinách. Nakonec budou zmíněny doplňující otázky pro vhodné zvolení presbyopické korekce, díky kterým můžeme předejít případným komplikacím.

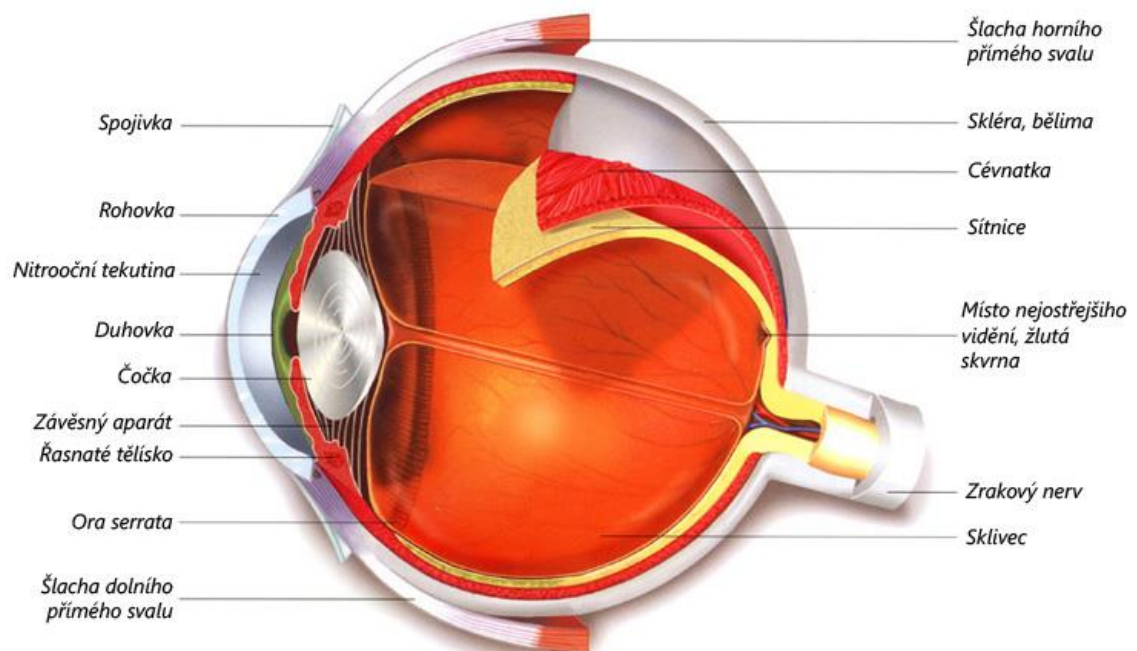
2 Akomodace

Akomodace je schopnost oka měnit svoji optickou mohutnost a vidět tak ostře předměty, které se nacházejí v různých vzdálenostech. Důsledkem změny tvaru čočky a její pozice rozložení indexu lomu dochází ke změnám optických vlastností oka. Oko, které bude relaxované a nebude akomodovat, uvidí ostře vzdálený bod a blízký bod pak uvidí při maximální akomodaci. Jedná se o nepodmíněný reflex, jehož dráha jde zrakovým nervem přes mozkovou kůru a nervus oculomotorius až do ciliárního svalu. [1, 2, 3]

Akomodaci můžeme dělit na fyzikální a fyziologickou. Fyzikální akomodace je v dioptriích měřitelná fyzikální deformace čočky. Naopak fyziologická akomodace nám udává kontrakční sílu ciliárního svalu (musculus ciliaris) potřebnou k refrakční změně oka o 1 D. Při presbyopii je narušena akomodace fyzikální. A k narušení fyziologické akomodace dochází u pacientů s obrnou, nekorigovanou myopií a juvenilním diabetem. [2, 4]

2.1 Struktury podílející se na akomodaci

Na akomodaci se podílí oční struktury, kterými jsou řasnaté tělísko, závěsný aparát čočky a čočka samotná (obr. 1).



Obrázek 1: Popis očních struktur [5]

2.1.1 Řasnaté tělísko

Tvar řasnatého tělíska se podobá zřasenému prstenci. Skládá se ze dvou částí – pars plana a pars plicata. Pars plana přechází v místě ora serrata v cévnatku a pars plicata se spojuje s duhovkou. Z řasnatého tělíska vystupují zonulární vlákna upínající se na pouzdro čočky. Uvnitř řasnatého tělíska se nachází vazivové stroma s hladkými svalovými buňkami tvořícími ciliární sval – musculus ciliaris. [1, 2]

Musculus ciliaris je inervován parasympatickými vlákny z nervus oculomotorius. Stahem těchto svalových vláken dochází k uvolnění závěsného aparátu, vyklenutí čočky a změně její optické mohutnosti. [1, 2]

2.1.2 Závěsný aparát čočky

Závěsný aparát je tvořen zonulárními vlákny, která udržují čočku ve správné poloze a umožňují tak akomodaci. Tato zonulární vlákna jsou složena z nekolagenního proteinu a elastických fibril. Vytváří vzájemně se propojující síť spojující řasnaté tělísko s čočkou. Při tahu čočky k řasnatému tělísku se čočka zplošťuje a zaostřuje tak na dálku. Naopak při uvolnění tahu se čočka vyklene a zaostří na blízko. S přibývajícím věkem vlákna ztrácí svou elasticitu a pevnost, podobně jako čočka. [1]

2.1.3 Čočka

Čočka je průhledná bílkovinná tkáň bikonvexního tvaru. Jejími základními funkcemi jsou – akomodace, refrakce a udržení transparentnosti. Je uložena uvnitř oka za duhovkou v prohlubni přední sklivcové membrány. Skládá se z čočkovitého pouzdra, epitelu, kortexu a jádra. Na pouzdro se upínají zonulární vlákna závěsného aparátu vycházející z řasnatého tělíska. V závislosti na tahu vláken se mění tvar čočky. [1, 3]

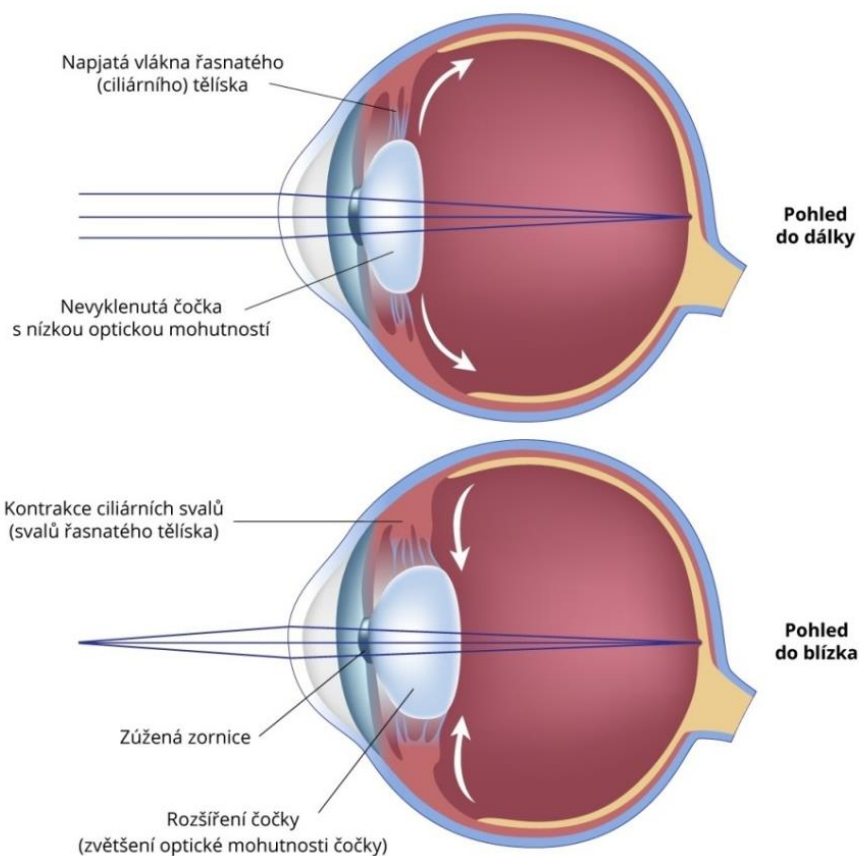
V průběhu života čočka mění svůj tvar, velikost, optické vlastnosti a přibývá na hmotnosti. Tvarově se čočka více zaobljuje a zvětšuje se vrstva kortexu. Refrakční index roste kvůli přítomnosti většího množství nerozpustných bílkovin. S přibývajícím věkem čočka tuhne, ztrácí svoji elasticitu a její průhlednost se snižuje. [1]

Optická mohutnost oční čočky při uvolněné akomodaci je asi 15-20 D. Průměr čočky se pohybuje okolo 9-10 mm a její tloušťka se během života zvyšuje z 3,5 mm na 5 mm. Její plochy nemají stejný poloměr zakřivení. Přední plocha čočky s poloměrem 9-10 mm je méně

vyklenutá než zadní plocha čočky s poloměrem 5-6 mm. Hmotnost čočky je 190-220 mg. Čočka je složena z 66% vody a 33% bílkovin. [1, 3, 6]

2.2 Mechanismus akomodace

Při přibližování objektu blíže k oku se obraz na sítnici rozmazává. Jak mozek začne vnímat, že nevidí ostře blízký bod, iniciuje změnu zaostření očí. Při pozorování vzdálených objektů je tedy akomodace v klidu a při pozorování bližších předmětů dojde k inervaci ciliárního svalu (inervovaného z nervus oculomotorius), ukrytého uvnitř řasnatého tělíska. Čočka zvyšuje své zakřivení a mění svou optickou mohutnost. Při pohledu do blízka se její optická mohutnost zvyšuje a čočka je více vyklenutá, naopak při pohledu do dálky se oploští a uvolní akomodaci (obr. 2). [7, 8]



Obrázek 2: Anatomické změny oka při akomodaci [9]

Doposud ale není zcela přesně znám proces akomodace. Celkem jsou známy 3 teorie popisující její mechanismus – Helmholtzova teorie, teorie podle Schachara a Tscherninga a Colemanova teorie.

Procesy doprovázející akomodaci nazýváme konvergence a mióza.

2.2.1 Konvergence

Při pohledu do blízka oči konvergují. Jde o protisměrný pohyb, kdy oči rotují směrem k nosu za pomoci okohybných svalů. Osy obou očí se sbíhají tak, aby projekce obrazů dopadala na sítnici na žlutou skvrnu – foveu. Konvergence může být symetrická, kdy fixovaný předmět leží ve střední rovině anebo asymetrická, kdy předmět leží mimo ni. [2]

Konvergenci můžeme rozdělit na konvergenci volní, kterou dokážeme vyvolat vlastním úsilím a konvergenci reflexní. U reflexní rozlišujeme 4 složky. Jako první jde o tonickou konvergenci, při níž jsou oči udržovány v klidovém postavení na základě impulzů z kůry mozkové. Další složkou je akomodační konvergence, kdy je akomodace, vyvolaná na podkladě optického podnětu, podnětem ke konvergenci. Označujeme ji jako AC. Vztah mezi akomodací a akomodační konvergencí vyjadřuje poměr AC/A. Třetí v řadě je fúzní konvergence, která je doplňkem konvergence akomodační a upravuje osy vidění tak, aby mohlo docházet k fúzi. Poslední složkou je proximální konvergence projevující se při vyšetřování na přístrojích, kdy je psychogenně podmíněno vědomí blízkého předmětu. [2, 6]

Výkonnost konvergence změříme za pomoci tzv. blízkého bodu konvergence (NPC). Jedná se o nejmenší vzdálenost před okem, kdy jsou oči schopné konvergovat a vidět pozorovaný předmět ostře a uceleně. Vzdálenost, ve které dojde ke ztrátě jednoduchého binokulárního vidění, vnímané jako rozmazání, nazýváme bod rozdvojení neboli break point. Vzdálenost, kdy dojde ke zpětnému spojení obrazu, nazýváme bod opětovného spojení neboli recovery point. Konvergence je oproti akomodaci stálejší a není tolik závislá na věku. Velikost bodu rozdvojení se pohybuje různě, u dvacetiletých je asi 5,4 cm, u třicetiletých asi 7cm a po čtyřicátém roce se pohybuje okolo 8 cm. Nad 8 cm se jedná o konvergenci sníženou. [2, 6, 10]

Jednotkou konvergence je tzv. metrový úhel, který je důležitý pro vztah akomodace a konvergence. Jde o úhel, který je svírán oběma očima při fixaci předmětu ve vzdálenosti 1 m. Pro strabologii je důležitý poměr akomodační konvergence k akomodaci tzv. AC:A poměr. Za normálních okolností je roven 1:3. U akomodačních strabismů bývá porušen a dítě konverguje více metrových úhlů, než by správně mělo při zohlednění jeho akomodace v dioptriích. [2]

Konvergence může mít také různé anomálie. Dělíme je do 4 základních skupin. Jedná se o insuficienci konvergence (konvergenční nedostatečnost), excés konvergence (nadměrná

konvergence), insuficience divergence (divergentní nedostatečnost) a exces divergence (nadměrná divergence). [2]

2.2.2 Mióza

Mióza znamená zúžení zornic, kdy je kužel přicházejících paprsků zúžen tak, aby vytvořil ostrý sítnicový obraz. Šíři zornice ovlivňuje nejen pohled do blízka, ale i věk a intenzita osvětlení. Proces zúžení ovládá hladký duhovkový sval musculus sphincter pupillae (svěrač zornice), který je inervovaný parasympatickými nervovými vlákny z nervus oculomotorius. Díky jehož kontrakci dochází k mióze. Při pohledu do blízka zornice zmenšuje sférickou a chromatickou vadu optického systému oka. Normální šířka zornice kolísá mezi 2-5 mm, je-li užší než 2 mm jedná se o miózu. [1, 2, 11]

Výkonnost reakce lze změřit jednoduše. Vyšetřovaný dívající se do dálky je vyzván k fixaci na blízký předmět (např. prst) ve vzdálenosti 10 cm. Lze pozorovat, jak se zorničky silně zúží. Zároveň oči zaostřují (akomodují) a osy očí se stáčí dovnitř (konvergují). [2]

Další možností je provedení fotoreakce zornic kapesní svítilnou ve vzdálenosti 5-10 cm. Zornicová fotoreakce může být jednak přímá, kdy u pacienta (koukajícího se do dálky) sledujeme osvětlenou zornici a pozorujeme, zda se zúží. Nevyšetřované oko je trvale zakryto a oko vyšetřované střídavě zakrýváme a odkrýváme. Hodnotíme rychlost, rozsah a průběh reakce. Nebo fotoreakce nepřímá (konsenzuální), kdy osvětlené oko střídavě zakrýváme a odkrýváme, ale pozorujeme zornici druhého neosvětleného oka. Poruchy zornicové reakce mohou svědčit o postižení mozkového kmene. [12]

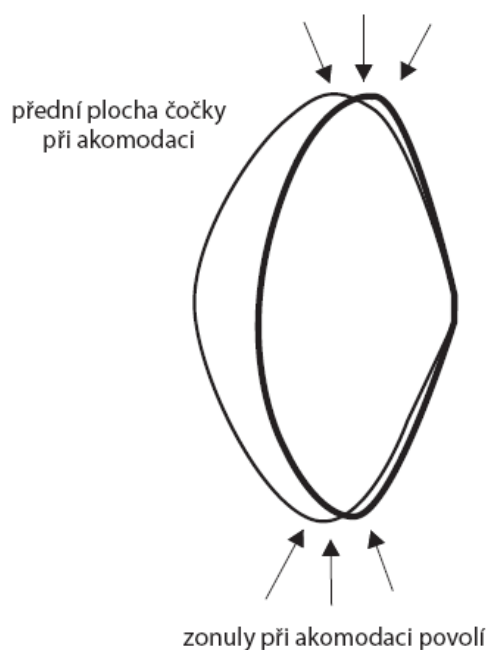
2.3 Teorie akomodace

Přesná fyziologie procesu akomodace je předmětem sporů. Vysvětlují ji tři teorie – Helmholtzova, Schacharova a Tserningova, Colemanova.

2.3.1 Helmholtzova (kapsulární) teorie

S touto teorií přišel roku 1853 Herman von Helmholtz (1821-1894), který si všiml, jak se čočka při akomodaci rozšiřuje. Nebyl sice prvním, kdo popsal akomodační mechanismus lidského oka, ale jako první poskytl komplexní a nejpresnější popis. Popsal funkce všech hlavních prvků akomodačního aparátu. [1, 13]

Při zaostření dochází ke kontrakci musculus ciliaris a tím k uvolnění napětí zonulárních vláken závěsného aparátu. Čočka se díky své elasticitě vyklene, což znamená, že se její přední plocha pohybuje vpřed a zadní zůstává beze změny (obr. 3). Zvýší se její optická mohutnost. Po dokončení akomodace se ciliární sval zrelaxuje a navrátí se do své původní velikosti. Vlákná závěsného aparátu se napnou a vrátí čočku do původního plochého tvaru. [1, 13]



Obrázek 3: Princip Helmholtzovy teorie akomodace [1]

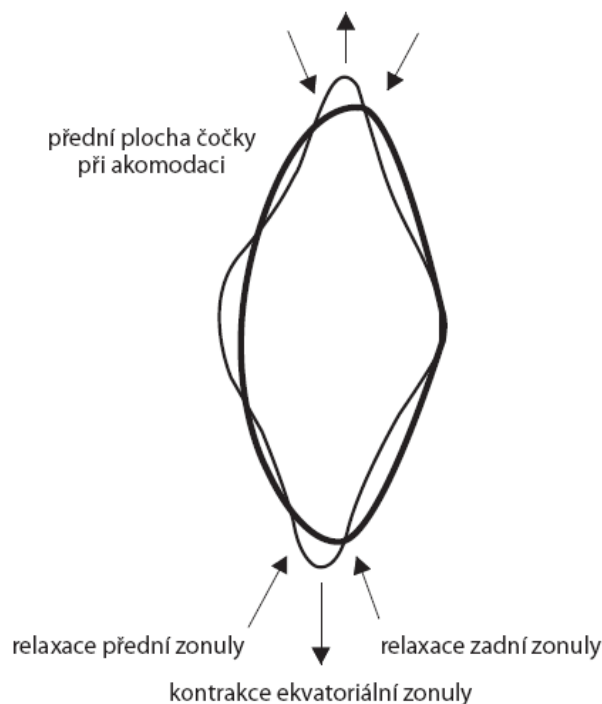
Později se prokázalo, že dochází k vyklenutí pouze přední plochy čočky a to zcela přesně tuto teorii nepotvrzovalo. S doplněním Helmholtzovy teorie přichází v roce 1937 Edgar F. Fincham. Vysvětlil variaci tloušťky čočkového pouzdra v určitých oblastech. Přední a zadní část periferie pouzdra je tlustší v oblasti, kde se upínají vlákna závěsného aparátu, než

v oblasti pólů. Proto je předpokládáno, že je zde čočka nejpevnější, má nejsilnější pouzdro a nejméně mění svůj tvar. V centrální oblasti, kde je pouzdro velmi tenké, dochází k největšímu vyklenutí. Nejtenčí je v oblasti zadního pólu, zde se už ale nemůže více vyklenout, neboť je zde maximálně vyklenuto už před akomodací. [1]

Při akomodaci zajišťují nervové zásobení parasympatické nervy, vystupující z třetího nervového jádra v mozkovém kmeni. Jejich stimulace kontrahuje ciliární sval. [1]

2.3.2 Schacharova a Tscherningova teorie

Podle teorie Schachara a Tscherninga je akomodační mechanismus založený na jiném anatomickém umístění upínajících se zonulárních vláken. Podle nich se ekvatoriální část zonuly upíná do nejřednější části musculus ciliaris, naopak přední a zadní část se upíná do zadní části musculus ciliaris. Během kontrakce ciliárního svalu se jeho přední část srašťuje a dostává se ke sklěře a kořeni duhovky. Tento pohyb řasnatého tělíska napíná ekvatoriální zonulu a zároveň dochází k uvolnění přední a zadní zonuly. Výsledkem je oploštění horní a dolní části čočky a vyklenutí jejího středu (obr. 4). [1]



Obrázek 4: Princip teorie akomodace podle Schachara a Tscherninga [1]

Teorie Schachara a Tscherninga se liší tím, že Tscherning předpokládal účast sklivce při akomodaci. Sklivec přispívá k akomodaci tím, že vytváří tlak na zadní plochu čočky. [1]

Základním rozdílem mezi teorií Schachara a Helmholtze je, že Schachar předpokládá aktivní spolupráci mezi závěsným aparátem a ciliárním svalem během akomodace a předpokládá, že se ekvátor čočky přiblíží ke sklěře. Helmholtz ale spoléhá na pasivní uvolnění zonuly a oddálení čočky od skléry. [1]

2.3.3 Colemanova teorie

D. J. Coleman tvrdí, že Helmholtzovou, Schacharovou a Tscherningovou teorií nelze vysvětlit celý proces akomodace. Oponuje proti okamžité a přesně opakovatelné změně ve tvaru čočky. Jeho předpokladem je, že čočka spolu se závěsným aparátem a předním sklivcem tvoří bariéru mezi přední komorou a sklivcovým prostorem. Při kontrakci ciliárního svalu vzniká tlaková gradace mezi předním sklivcem a přední komorou. Ve sklivcovém prostoru se zvýší tlak a následně dojde ke snížení tlaku v přední komoře. Sklivec tlačí směrem na zadní plochu pouzdra čočky a posouvá ji dopředu. [1]

2.4 Akomodační šíře

Akomodační šíře známá také jako akomodační amplituda (AA) vyjadřuje maximální zvýšení optického výkonu, kterého může oko dosáhnout při akomodaci. Rozdíl mezi statickou (klidovou) a dynamickou (maximální) akomodací udává akomodační šíři. Hodnota AA vyjádřená v dioptriích se rovná rozdílu převrácené hodnoty dalekého a blízkého bodu v metrech. [2, 6, 14, 15]

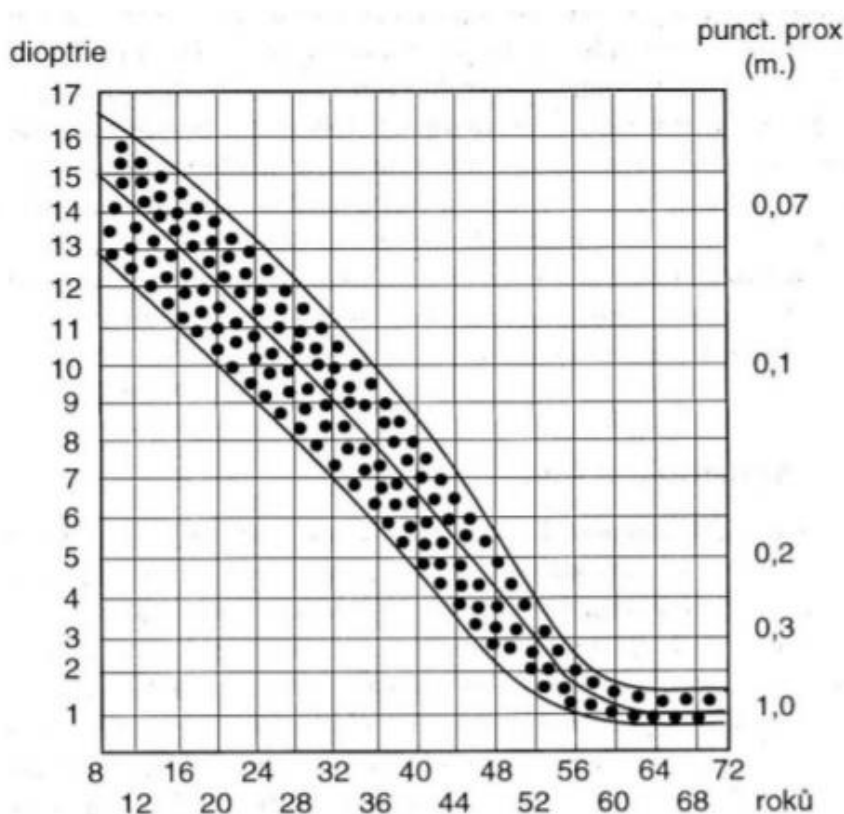
$$AA = \frac{1}{a_R} - \frac{1}{a_P} [D] \quad (16)$$

AA – akomodační amplituda

a_R – vzdálenost dalekého bodu v metrech

a_P – vzdálenost blízkého bodu v metrech

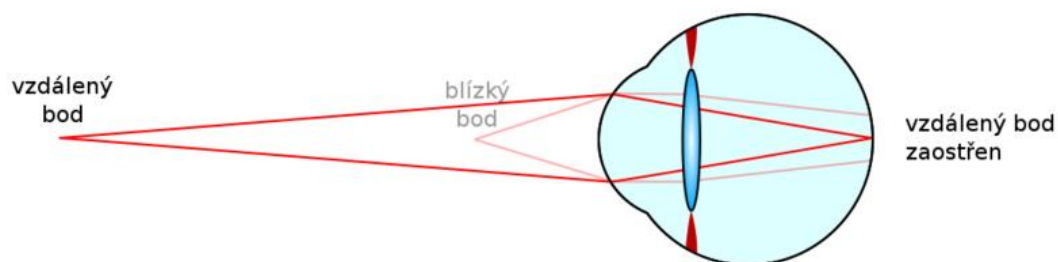
Velikost akomodační šíře klesá s věkem. Progresivní ztráta akomodace začíná již v dětském věku (okolo pěti let) a úplná ztráta se předpokládá v 70 letech. Okolo 45 let dochází ke ztrátě akomodace způsobené věkem, kterou nazýváme presbyopie. Dondersova křivka (obr. 5) nám popisuje klesající schopnost akomodace v závislosti na věku člověka. Zahrnuje v sobě nejen akomodační šíři, ale také hloubku ostrosti, závislou na šířce zornice. Tyto dvě veličiny od sebe nejde oddělit, poněvadž vidění na blízko je spojeno s miózou a díky zúžení zornic stoupá hloubka ostrosti. [1, 2, 14, 17]



Obrázek 5: Dondersova křivka - akomodační šíře v závislosti na věku [17]

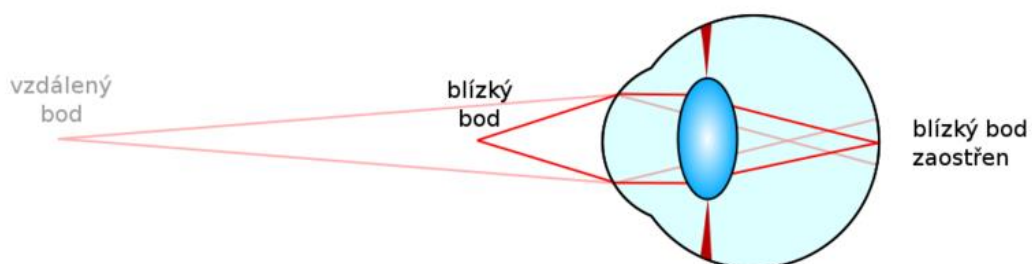
Akomodační oblast je vzdálenost mezi dalekým a blízkým bodem. Její velikost není přímo úměrná akomodační amplitudě. Jde o míru využitelnosti akomodace. Emetrop a slabý hypermetrop má akomodační šíři velkou, naopak myop nebo silný hypermetrop má akomodační šíři malou. [2]

Daleký bod (A_R) neboli punctum remotum je bod ležící na optické ose, který se při minimální akomodaci zobrazí na sítnici (obr. 6). V případě emetropického oka leží v nekonečnu, u myopického oka leží v konečné vzdálenosti před okem a u hypermetropického oka leží v konečné vzdálenosti za okem. Vzdálenost dalekého bodu u ametropických očí změříme od hlavního předmětového bodu oka a vyjádříme ji v dioptriích. [1, 2]



Obrázek 6: Znázornění vzdáleného bodu akomodace [18]

Blízký bod (A_P) neboli punctum proximum je naopak bod ležící na optické ose, který se na sítnici zobrazí při maximální (plné) akomodaci (obr. 7). [1, 2]



Obrázek 7: Znázornění blízkého bodu akomodace [18]

3 Poruchy akomodace

Poruchy akomodace zahrnují stavy patologické (akomodační exces, spasmus akomodace, insuficience akomodace a obrna akomodace), ale i fyziologický stav podmíněný stárnutím jako je presbyopie.

U patologických poruch můžeme pozorovat změnu v šířce zornic nebo také změnu refrakce. Jejich začátek je zpravidla náhlý a vyznačuje se například změnou zrakové ostrosti do dálky a do blízka.

3.1 Akomodační exces

Nadměrná akomodace neboli akomodační exces nastává zejména při dlouhodobé práci do blízka. Rizikovou skupinou jsou zpravidla mladí hypermetropové. Napomáhající příčinou může být nedostatečné osvětlení nebo naopak příliš intenzivní osvětlení, případně i špatná korekce refrakční vady. Dochází ke zhoršenému vidění do dálky i do blízka doplněným o astenopické potíže. Ke stanovení diagnózy je zapotřebí cykloplegie a zjištění rozdílu mezi statickou a dynamickou refrakcí. Léčba spočívá v naordinování cykloplegik a ve správném předpisu korekce. Nápomocen může být i vhodně zvolený zrakový trénink. [2, 6, 19]

3.2 Spasmus akomodace

Spasmus akomodace neboli akomodační křeč označuje prodlouženou kontrakci musculus ciliaris. Projevuje se změnami během akomodace, což vede ke vzniku vysoké pseudomyopie (do -10 D) spojené s makroskopií. Předměty se zdají větší, než ve skutečnosti jsou. Většinou vzniká u nekorigovaných nebo podkorigovaných hypermetropů, presbyopů nebo po aplikaci miotik. Jedná se o funkční onemocnění vyvolané dlouhodobou prací a stresem. Příznaky jsou rozmazané vidění na dálku, různá zraková ostrost, diplopie a silné bolesti hlavy. Příčinou může být intoxikace, fokální infekce, iridocyklitidy, ale i některé léky. Stav akomodačního spasmu obvykle odezní sám, pokud ne, je nutná léčba očními kapkami na bázi cykloplegik a stanovení správné korekce. [2, 6, 20]

3.3 Insuficience akomodace

Insuficience akomodace neboli akomodační nedostatečnost značí předčasně nastupující presbyopické obtíže, vznikající před 40. rokem věku. Akomodační schopnost pacienta je

výrazně menší než fyziologické limity pro jeho věk. Dochází k patologickým změnám čočky nebo k nedostatečné činnosti ciliárního svalu. Příčinou bývají poruchy svalové rovnováhy, fokální infekce nebo například oslabení zdravotního stavu (nemoc, podvýživa, stres, těhotenství). Následným klinickým příznakem je únava očí při práci do blízka, rozmazané vidění při práci do blízka, bolesti hlavy a astenopické potíže. Aktivním cvičením akomodace je možné dosáhnout určitého zlepšení. Pokud insuficience přetrvává, řešíme ji presbyopickou korekcí. Neefektivní akomodační úsilí může vytvářet tzv. exces konvergence, který řešíme prizmatickou korekcí. [2, 6, 21]

3.4 Obrna akomodace

Obrna neboli paralýza akomodace vede ke zhoršenému vizu do blízka, v případě hypermetropů je zhoršený vizus i do dálky. Myopové a presbyopové poruchu vidění do blízka nemusí ani zaznamenat. Příčinou může být podání cykloplegik, přímý úraz oka, infekce a trauma CNS, chronický alkoholismus, diabetes a mnoho dalších. Typickým příznakem paralýzy je mikropsie, což znamená, že vnímané předměty se zdají být menší, než ve skutečnosti jsou. Obrna bývá spojována s mydriázou, poněvadž parasympatická vlákna zásobující ciliární sval inervují také svěrač zornice. V závislosti na příčině je zvolena vhodná léčba. Nejvhodnější je ponechat oči v klidu, omezit práci na blízko. Při přetrvávajících obtížích je předepsána presbyopická korekce. Pokud dojde k paralýze zornice, korigujeme ji plastikou duhovky nebo stenopeickou kontaktní čočkou. [2, 6, 21]

4 Presbyopie

Presbyopie, známá také jako vetchozrakost, je fyziologický stav, kdy oko přestane být schopné zaostřit na danou vzdálenost – ubývá jeho akomodační schopnost. S narůstajícím věkem čočka stárne a dochází k její sklerotizaci, což se projevuje tvrdnutím, úbytkem vody a žloutnutím. Vlivem stáří je také snížena akceschopnost ciliárního svalu. Klinicky se presbyopie projevuje, stane-li se rezerva akomodace menší, než je polovina potřebné akomodační šíře. Průměrnou akomodační šíří jednotlivých věkových skupin nám ukazuje Dondersova křivka (obr. 5, str. 10). Presbyopie se objevuje většinou kolem 40. roku věku. Příznakem je pokles zrakové ostrosti, astenopické potíže, neschopnost zaostřit na krátkou vzdálenost a prodloužení čtecí vzdálenosti (text je držen dále od těla). Nadměrné akomodační úsilí může vést ke spasmu akomodace. [6, 13, 17, 22]

Rizikovým faktorem urychlujícím manifestaci presbyopie jsou refrakční vady. Relativně malou akomodační šíří má i korigovaná hypermetropie, proto se u ní presbyopie objevuje dříve než u myopie nebo emetropie. Emetropické oko se vzdáleným bodem v nekonečnu, musí akomodovat a jasně zaostřit objekty v jakékoliv vzdálenosti k oku než je optické nekonečno. Hypermetropické oko s dalekým bodem za okem, musí akomodovat, aby zaostřilo předměty v jakékoliv vzdálenosti před okem, včetně objektů v optickém nekonečnu. U hypermetropického oka k tomu dochází pouze v případě, že má dostatečnou akomodační amplitudu, aby dokázalo překonat rozostření a vergenci kvůli blízkým bodům. Vzdálený bod se u myopického oka nachází před okem a je tedy blíže než optické nekonečno. Proto myopové mohou zaostřit blízké objekty bez akomodace jen tím, že si sundají korekci na dálku. [6, 8]

4.1 Vznik presbyopie

Presbyopie vzniká vinou řady biomechanických, biochemických a fyziologických faktorů. Klesá elasticita čočkového pouzdra a čočkové substance, ale růst čočky neustává. S poklesem pružnosti pouzdra se přímo úměrně snižuje akomodační šíře. Celoživotní progresivní růst objemu čočky vede ke snížení účinnosti jejího pouzdra. Vše vede ke snížení akomodační schopnosti asi o 55 %. [6, 14]

Dalším faktorem, který se podílí na snížení akomodační šíře je pokles účinnosti a počtu zonulárních vláken. Při růstu čočky se závěsný aparát posunuje dopředu a místo kolmého tahu vláken se stává tangenciálním a klesá jeho účinnost. Pohyb ciliárního svalu dopředu a dovnitř

je díky změnám, ovlivněných stárnutím, omezen. Snižuje se také elasticita cévnatky, působící proti pohybu musculus ciliaris. S přibývajícím věkem musí sval vyvinout větší úsilí, aby dosáhl stejné dioptrické změny. Dochází k mírnému poklesu kontrakční schopnosti řasnatého tělíska. [6, 14]

4.2 Teorie presbyopie

Snahu o vysvětlení podstaty presbyopie mají dvě teorie. Teorie Helmholtze-Hessa-Gullstranda připisuje ztrátu akomodace čočce a jejím biomechanickým změnám v ní a v čočkovém pouzdře. Naopak teorie Donderse-Duana-Finchhama tvrdí, že za ztrátu akomodace může insuficience ciliárního svalu. O sjednocení obou teorií se pokusil Morgan a vyvodil, že Helmholtzova teorie platí pro většinu mladých presbyopů, zatímco Duanova teorie platí pro starší presbyopy s nízkou akomodační šíří. [6, 14]

4.3 Vyšetření presbyopie

Korekci na blízko zjišťujeme po vyšetření refrakční chyby na dálku a jejím správném vykorigování. Samozřejmostí je předchozí rozhovor s pacientem o jeho anamnéze (rodinné, oční a pracovní), s jakými potížemi přichází a kdy se začaly vyskytovat. [22]

Optotypy do blízka mohou být tištěné nebo světelné. Nejčastěji pro vyšetření presbyopie používáme tištěný optotyp známý jako – Jäegrovy tabulky (obr. 8). Jedná se o souvislý text psaný v odstavcích o různé velikosti písma, řazený od největších znaků po nejmenší. Odstavce jsou označovány pořadovými čísly. Normální zraková ostrost (vizus 1,0) je rovna Jägerově tabulce č. 1 (odpovídá přibližně velikosti inzerátového tisku). [11, 23, 24]

Pacientovi dáme do rukou testovací kartu a požádáme ho, aby ji nastavil do pohodlné čtecí vzdálenosti dle jeho potřeb. Vyzveme ho, aby postupně nahlas četl zmenšující se text, dokud nenarazí na řádek, který již nedokáže přečíst. Jestliže má nejmenší text rozostřený, předsadíme +0,25 D, +0,50 D a takto pokračujeme, dokud jej nezačne vidět ostře a pohodlně. Příklad do blízka, ke kterému jsme došli, nazýváme adice. [11, 25]

Byl stařeček se stařenkou a

Čís. 12

Zajíček jde a pláče. Jemu naproti medvěd:

Čís. 11

Jaro se již hrnulo k nám do Klenčí ze všech

Čís. 10

Kdo bojoval, třeba jen s chudobou a lopocením, osvědčí se silnějším a zkušenějším, než boji se vyhne, skrývá se mezi vozy zásobními nebo sto-

Čís. 9

V jedné vsi byla jedna chudá vdova a ta měla dceru. Zůstávaly v staré chalupě s doškovou roztrhanou střechou a měly na půdě několik slepic.

Čís. 8

Stará chodila v zimě do lesa na dříví, v létě na jahody a na podzim na pole sbírat, a mladá nosila do města vejce na prodej, co jim slepice snesly. Tak se spolu živily.

Čís. 6

Jeden ovčák pásával po stráních ovce a žena mu do pole nosila každý den jíst. Jednou, bylo to na Velký pátek, vyhnal ovce a přišel s nimi k jedné skále. A když se mu tam ovce dobře napásly, lehl si

Čís. 5

Jednomu chalupníku nezůstalo z celého jmění nic než slepice. Poslal ženu na trh, aby ji prodala. „A zač?“ ptá se žena. „No zač, co trh platí.“ Žena vzala slepici a šla. U města potkala jednoho sedláka. „Strejčku, kupte

Čís. 4

tatík měl tři syny a malé hospodářství. Jak nabyli trochu síly, museli chutě jeden po druhém do služby. Nejstarší šel napřed. V jedné vesnici zastavil se u velkého dvorce a ptal se hospodáře, potřebuje-li pacholka. Hospodář byl sice chlap

Čís. 2

Byl chlop s robou a měli dvě dcery. Jedna byla velice pyšná, že nevěděla, co si má koupit a jak má chodit. Ta druhá, Handulena jí říkala, byla jenom doma, robila a poklízela, a ta první, Apolena, ta jenom po muzikách chodila a žurná šaty nosila a byla hrozně pyšná. Tak ta Handulena povídá:

Čís. 1

Byl jeden starý otec a měl tři dcery. Dvě byly tuze rozmarné, ale třetí byla hodná a uctívá a jmenovala se Křemk. Ten jejích tatíček se jednou chystal na jarmak; obě holky se toho hned naprosily, tohle aby jim přinesl a zas tohle, semé nějaké včel. Ale Křemk řekla, o nic si neřekla. Když táta viděl, že se o nic neřeká, o rátil se k ní a povídá: „A co tobt,

Obrázek 8: Jäegrovy tabulky [11]

5 Korekce presbyopie

Ke korekci na dálku předsadíme plusový přídavek do blízka (adici), čímž zajistíme ostré vidění na blízko. Adice je rozdílem mezi korekcí do dálky a korekcí do blízka. Přídavkem nahrazujeme fyziologicky se snižující akomodační amplitudu. Velikost je většinou pro obě oči stejná. Je důležité, aby část akomodační šíře zůstala nevyužita jako rezerva akomodace (přibližně 1/3). Zbylé 2/3 využíváme při maximální akomodaci. [6, 22]

Stanovení adice ale zohledňujeme podle pracovní vzdálenosti klienta a jeho požadavků. Je nutné korekci presbyopie provádět individuálně. Kvůli udržení vzájemné souhry mezi akomodací a konvergencí předepisujeme nejslabší korekci, která bude snesitelná a pohodlná. Předepsání vyšší adice vede k diskomfortu z nároků na konvergenci a odmítání korekce. [4, 6, 22]

Emetrop, který vidí dobře do dálky, nepotřebuje dálkovou korekci a postačí mu pouze korekce na blízko. U pacientů s ametropií musíme zkombinovat korekci dálkovou s korekcí presbyopickou.

Hodnoty adice jsou u každého jedince individuální s ohledem na jeho věk a pro něj vyhovující čtecí vzdálenost. V následující tabulce (tabulka 1) jsou uvedeny průměrné hodnoty adice v závislosti na věku pacienta při pracovní vzdálenosti 33 cm a vzdálenosti 40 cm. Je-li pracovní vzdálenost pacienta větší nebo menší, bude korekce zesílena nebo zeslabena. [4]

Tabulka 1: Obvyklé hodnoty adice [26]

Věk	Adice (D)	
	33 cm	40 cm
45 let	1,25	0,75
50 let	1,75	1,25
55 let	2,25	1,75
60 let	2,50	2,00

Presbyopii stejně jako ostatní refrakční vady můžeme korigovat brýlovou korekcí, kontaktními čočkami nebo chirurgicky.

5.1 Brýlová korekce presbyopie

Brýlová korekce presbyopie je stále nejběžnější metodou. Brýlové čočky popisujeme hodnotou vrcholové lámavosti v dioptriích společně se znaménkem. Můžeme je dělit podle druhů materiálů a také podle optického účinku. Podle optického účinku je rozdělujeme na monofokální (jednoohniskové), bifokální, trifokální a multifokální (progresivní) brýlové čočky. Všechny kategorie se dají vyrábět v (a)sférických, (a)tórických i prizmatických variantách. [27]

5.1.1 Jednoohniskové brýlové čočky

Nejjednodušší metodou presbyopické korekce jsou jednoohniskové brýlové čočky. Pacient má jedny brýle s dálkovou korekcí a druhé brýle s korekcí na blízko. Nevýhodou může být častá výměna při změně potřebné vzdálenosti nebo také jedna určitá pracovní vzdálenost, pro kterou má pacient brýle vykorigovány. Se čtecími brýlemi bude vidět rozmazaně na střední vzdálenost i do dálky.

5.1.2 Bifokální brýlové čočky

U bifokálních brýlových čoček je se základní čočkou spojená přídavná čočka. Základní čočkou je myšlena dálková korekce a přídavný díl je korekce potřebná do blízka (obr. 9). Bifokální čočky dělíme na typ s hladkou předělovou hranou a na typ s vystupující respektive zanořenou předělovou hranou. Optický střed přídavku je decentrován pro vidění do blízka. Na okraji dělicí linie dochází k prizmatickým účinkům a při pohledu přes ni pozorujeme skok obrazu. Bifokální skla centrujeme v horizontále podle pupilárního diametru do dálky a dělicí linii umísťujeme s okrajem dolního víčka. Kdyby byla dělicí linie příliš vysoko – rušila by pohled do dálky, naopak kdyby byla příliš nízko – nutila by pacienta příliš sklápět oči při pohledu do blízka. [11, 27]



Obrázek 9: Znázornění pohledu přes bifokální brýlovou čočku [28]

5.1.3 Trifokální brýlové čočky

Trifokální brýlové čočky jsou rozšířením čoček bifokálních a jsou v zásadě založeny na stejném technologickém postupu. U trifokálních brýlových čoček jsou se základní čočkou spojeny další dvě přídavné čočky. Základní čočka je určena pro pohled do dálky, prostřední díl (tzv. mezidíl) pro střední vzdálenost a spodní díl je určen pro pohled do blízka. [11, 27]

5.1.4 Degresivní brýlové čočky

Degresivní brýlové čočky jsou víceohniskové čočky, pro vidění na střední a blízkou vzdálenost (obr. 10). Jsou přizpůsobeny pro práci v kanceláři, proto se označují jako kancelářské brýlové čočky nebo office čočky. Nabízí ostré vidění do cca 2 m a široké zorné pole střední a blízké vzdálenosti. Využívají plynulé a postupné změny vrcholové lámavosti, kdy ve spodní části brýlové čočky je pole vidění na blízko a postupná změna dioptrií do horní části čočky zajišťuje vidění na střední vzdálenost. [29]



Obrázek 10: Rozsah pracovní vzdálenosti s degressivními brýlovými čočkami [30]

5.1.5 Multifokální brýlové čočky

Multifokální (víceohniskové) čočky mají plynulý přechod z dálkové korekce do korekce na blízko (obr. 11). V různých místech plochy brýlové čočky se tedy nachází různá vrcholová lámavost. Nemají žádnou dělicí linii a jsou vyrobeny z jednoho kusu. Výhodou je plynulý a bezproblémový přesun mezi určitými vzdálenostmi. Z možností brýlové korekce presbyopie nejlépe splňují běžné i speciální korekční záměry a vypadají nejlépe po estetické stránce. Centrování u multifokálních brýlových čoček provádíme na střed zornice při pohledu do dálky. Pokud neobjednáváme individuální multifokální brýlové čočky, ale „konvenční“, je třeba ověřit, zda při pohledu do blízka budou fixační osy očí procházet vztažnými body brýlových čoček. V dnešní době už ale existuje i spousta tzv. centrovacích kamerových systémů, které mohou změřit i velikost konvergence a doporučit pozici vztažného bodu do blízka. [11, 27, 31]



Obrázek 11: Znárodnění pohledu přes multifokální brýlovou čočku [32]

5.2 Korekce presbyopie kontaktními čočkami

Kontaktní čočka je optickou korekční pomůckou, kterou aplikujeme přímo na rohovku. Tenká vrstva slzného filmu odděluje kontaktní čočku od rohovky. [1]

Korekci presbyopie můžeme řešit různými druhy kontaktních čoček. Pro představu korekce presbyopie je nutné si uvědomit a nezapomenout na alternativní a simultánní vidění obrazů v jednom oku. Pojmem alternativní vidění myslíme optickou alternaci, což znamená stav, kdy obraz dopadající na sítnici je fokusovaný a je zaostřen buď na dálku, nebo na blízko. Typickým příkladem jsou bifokální brýle nebo používání kontaktních čoček na dálku společně s nošením brýlí na blízko. Pojmem simultánní vidění myslíme stav, kdy na sítnici dopadají obrazy zároveň – obraz na dálku i obraz na blízko. Při korekci presbyopie metodou monovision dochází ke střetu mezi alternací optickou a neurologickou. [1]

5.2.1 Jednoohniskové kontaktní čočky

Možností korekce presbyopie je kombinace jednoohniskových kontaktních čoček s brýlemi. Pacient je nositelem kontaktních čoček na dálku a při práci na blízko používá brýle. Brýle musí mít určenou adiční hodnotu potřebnou ke kontaktním čočkám. Časté nasazování a sundávání brýlí může být poněkud nevýhodné.

5.2.2 Monovision

Metoda monovision je stav, kdy je dominantní oko plně vykorigované na dálku a druhé oko je vykorigované na blízko. Dochází k tomu, že obraz jednoho oka je ostrý a obraz druhého oka je rozostřený. Od simultánní alternace se liší tím, že se na sítnici každého oka vytvoří jeden nepřekrytý obraz (buď ostrý, nebo rozostřený), ale ani na jedné sítnici nedojde k překrytí obrazů. Pokud je nositel této metody schopen přijmout simultánní alternaci obou obrázků, získá i dostatečné prostorové vidění. Korekci presbyopie metodou monovision volí většinou mladí počínající prebyopové, kteří chtějí vidět dobře do dálky i na blízko a nemusí u toho používat brýlovou korekci. [1, 34]

Myopickému pacientovi vykorigujeme dominantní oko do dálky a druhé oko podkorigujeme na blízko. Emetropovi ponecháme dominantní oko bez korekce a druhé oko myopizujeme do blízka. U hypermetropického pacienta vykorigujeme vedoucí oko do dálky a druhé překorigujeme na blízko. Myopizace by neměla přesáhnout hodnotu 1-2 D, protože by došlo ke většímu rozdílu v lomivosti obou očí a narušilo by to binokulární vidění. [34]

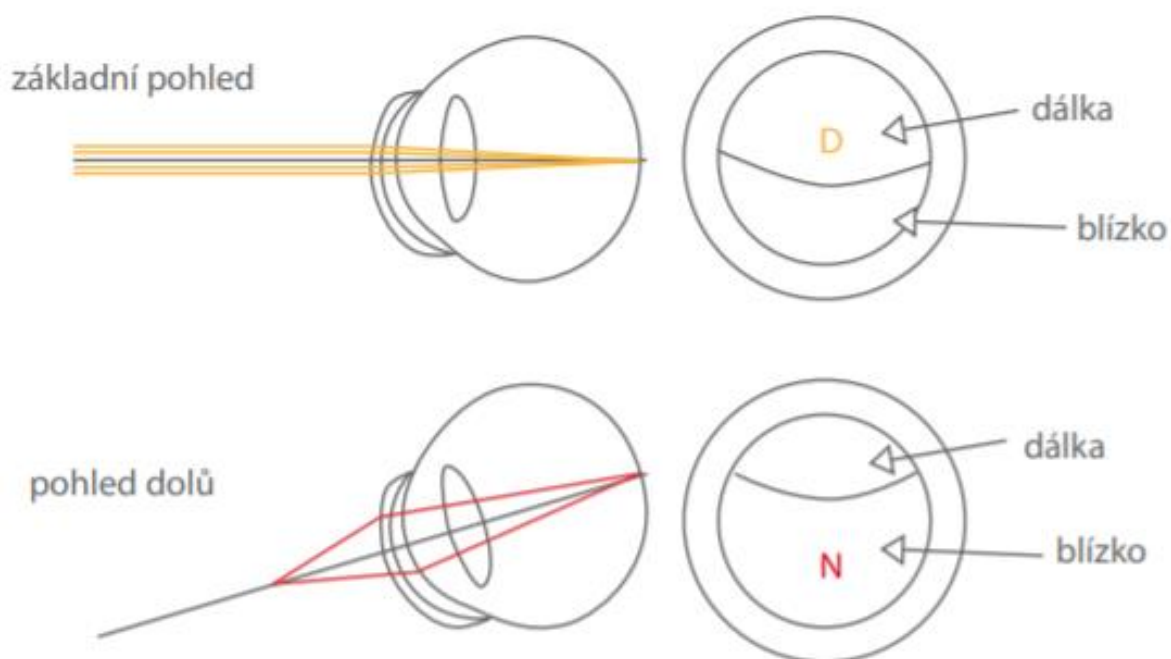
Někdy je možnost využití modifikovaného způsobu monovision, kdy dominantní oko plně vykorigujeme na dálku, a na druhé oko se aplikuje bifokální nebo multifokální kontaktní čočka. [1]

5.2.3 Bifokální kontaktní čočky

U bifokálních kontaktních čoček, umožňujících simultánní vidění, existuje tzv. alternující design. Tento design je náročný pro zachování polohové stability. Vzhledem k obvyklým posunům kontaktních čoček po rohovce bývá vidění nestabilní a spousta pacientů nakonec bifokální čočky po čase odkládá. [1, 4, 35]

Alternující design bifokální čočky nemá svou konstrukci založenou na symetrické adici okolo centra. Čočka je konstruovaná na dálku a obsahuje přídatný adiční segment na blízko, je tedy podobná bifokálním brýlovým sklům. Konstrukce je většinou stavěna tak, aby oblast vidění do dálky byla před zornicí při pohledu přímo a adiční zóna se před zornicí posunula při pohledu do blízka (obr. 12). [1, 35]

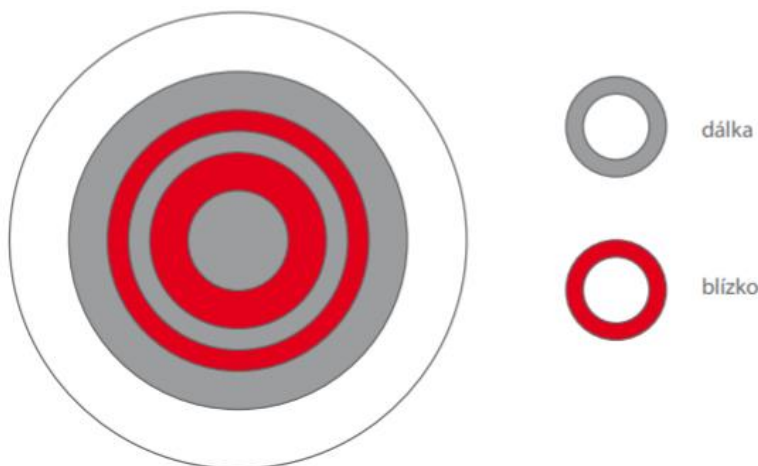
Bifokální kontaktní čočka může být z jednoho materiálu, anebo složená z více materiálů. Většinou je materiál vložené adiční části pevnější. [1]



Obrázek 12: Design bifokální KČ s alternující adicí [35]

5.2.4 Multifokální kontaktní čočky

První typ multifokálních kontaktních čoček je postaven na **designu více koncentrických zón**, který je konstruován z jednotlivých refrakčních zón majících společný geometrický střed. Svou refraktivní hodnotu má pravidelně rozprostřenou v „izodioptrických“ liniích kolem oblasti zornice (obr. 13). Kvalita vidění na jednotlivé vzdálenosti závisí na podílu světla vstupujícího do oka ze zón na blízko a na dálku. [1, 35]

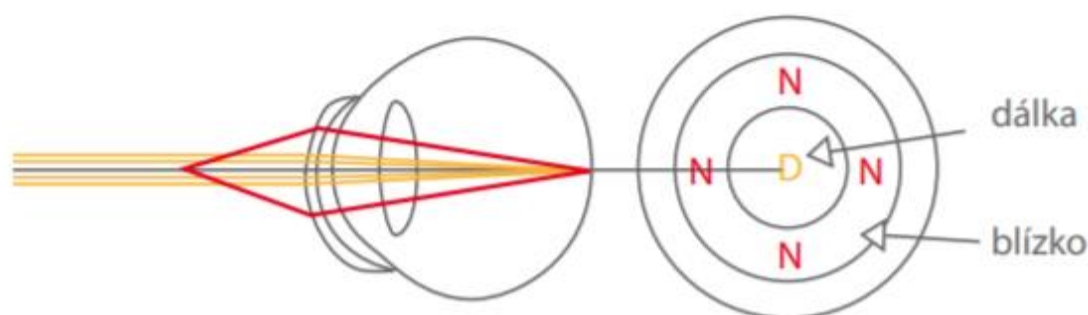


Obrázek 13: Design více koncentrických zón bifokální KČ [35]

Multifokální kontaktní čočky tvoří v porovnání s bifokálními kontaktními čočkami kvalitní plynulý přechod zrakové ostrosti z dálky do blízka a obráceně. Nabízejí kromě vidění na dálku a na blízko i vidění na střední vzdálenost. Pacient tedy vidí ostře na každou vzdálenost. Zajišťují lepší komfort a relativně snadnou a rychlou aplikaci. Umožňují simultánní vidění a zrakový aparát je schopen si zvolit požadovaný obraz. [35, 36]

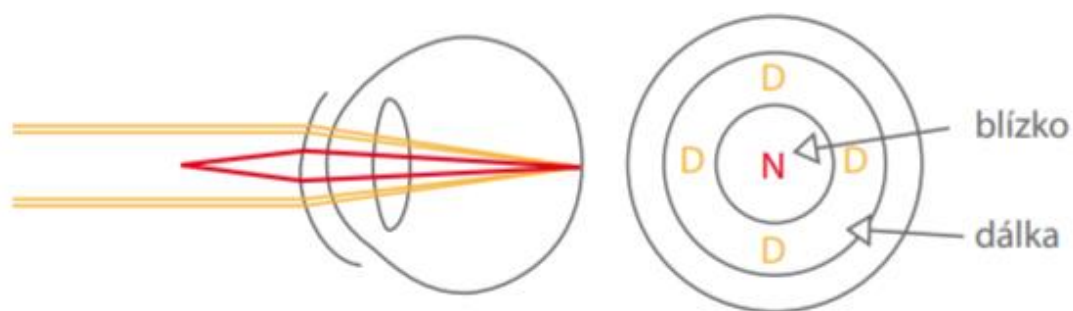
Design multifokální čočky je tvořen tak, že jsou dioptrické hodnoty rozmístěny koncentricky kolem střední části čočky. Dioptrická hodnota se postupně mění od geometrického středu do periferie. Čočky tohoto asférického typu lze rozdělit na konstrukční typ se středovou zónou pro korekci na dálku nebo naopak typ se středovou zónou pro korekci na blízko. [35]

Konstrukční typ se středovou zónou pro korekci dálky mívá ve středu čočky koncentrovanou nejvíce minusovou dioptrickou hodnotu, případně nejnižší plusovou a směrem k okraji čočky se dioptrická hodnota postupně mění do korekce pro vidění na blízko (obr. 14). Asférická křivka většinou bývá na zadní straně povrchu čočky. Pozvolné změny dioptrií dosahuje sférická křivka včetně pozitivní sférické aberace. Světlo jdoucí ze vzdáleného předmětu se na sítnici zaostřuje díky středové zóně a díky okolní zóně se zároveň vytváří nezaostřený obraz. Při pohledu na blízký předmět dochází k opačnému jevu. Zraková soustava si potom zvolí ostřejší z obrazů. [35]



Obrázek 14: Design multifokální KČ se středovou zónou pro korekci dálky [35]

Konstrukční typ se středovou zónou pro korekci blízka má v centru čočky soustředěnou nejvyšší dioptrickou hodnotu, která se plynule snižuje směrem k okraji čočky. Dioptrie pro vidění do blízka jsou ve středu a dioptrie pro vidění na dálku jsou na okraji (obr. 15). Toto rozložení vyplývá fyziologické funkce oka. Víme totiž, že při pohledu do blízka se zornice zužuje, takže dochází k využití středu čočky s nejvyšší dioptrickou hodnotou. U tohoto typu se asférická křivka většinou umísťuje na přední stranu, podporuje tak negativní sférickou aberaci a kontroluje sférickou aberaci oka. Výsledkem je zvýšení kvality obrazu a zlepšuje se hloubka ostrosti. [35, 36]



Obrázek 15: Design multifokální KČ se středovou zónou pro korekci blízka [35]

5.3 Chirurgická korekce presbyopie

Refrakční chirurgie je obor očního lékařství zabývající se chirurgickou korekcí refrakčních vad. Jejím cílem je zlepšení refrakčního stavu oka a eliminace potřeby brýlové korekce nebo korekce kontaktními čočkami. V současné době je možné řešit prakticky každou refrakční vadu. Základní princip zákroků spočívá ve změně fokusace paprsků vstupujících do oka tak, aby obraz vznikl na sítnici. Refrakční hodnotu oka můžeme ovlivnit díky změně zakřivení optických povrchů jako je rohovka a čočka. Další možností je změna indexu lomu optických médií – rohovky, komorové tekutiny, čočky a sklivce. Anebo změna axiální délky oka. V současné době je nejčastěji používaný princip refrakčních zákroků buď změna zakřivení rohovky, nebo změna refrakce za pomoci nitrooční čočky. [1, 11]

Korekci presbyopie lze provést řadou chirurgických metod. Lensektomie je metoda spočívající ve vyjmutí lentikulární čočky a jejím nahrazení umělou čočkou. Umělá čočka je buď multifokální nebo akomodující. Další možností je implantace fakické nitrooční čočky, kdy není zapotřebí přirozenou čočku odstranit, protože se multifokální implantát upevňuje mezi oční čočku a zornici. Možnost konduktivní keratoplastiky umožňuje vytvoření monovision díky zestrmění rohovky jednoho oka. [35]

5.3.1 Lensektomie – metoda CLE / PRELEX

Při této metodě dochází k extrakci čiré (či zkalené) čočky a implantaci umělé nitrooční čočky (IOL). Metoda CLE (clear lens extraction) patří mezi nejstarší refrakční zákroky. Díky možnosti použít multifokální a akomodující čočku dochází k odstranění hlavní nevýhody operace a to ztráty akomodace. Díky CLE a implantaci IOL je nabídnuto presbyopikům kompromisní řešení a větší nezávislost na brýlové korekci. Díky implantaci multifokální IOL je umožněno simultánní vidění do blízka i do dálky. Metoda bývá nazývána také jako PRELEX (presbyopic lens exchange). Někdy se metoda PRELEX kombinuje s metodou LASIK, kdy je umožněno jemné doladění zbytkové pooperační sférické a cylindrické vady. [1, 22]

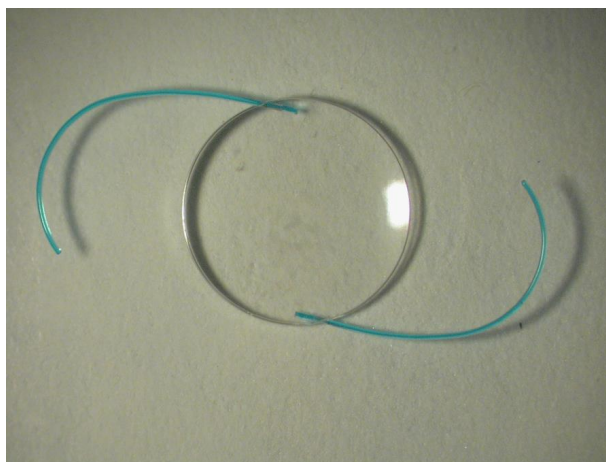
Umělé nitrooční čočky jsou arteficiální čočky, které se chirurgicky implantují do oka a nahrazují vlastní nitrooční čočku. IOL má haptickou a optickou část. Část haptická slouží k fixaci čočky a část optická nahrazuje optickou funkci odebrané čočky. IOL dělíme podle místa, kam jsou implantované, podle materiálu (akrylát nebo silikon) a podle počtu materiálu (single-piece IOL, multi-piece IOL).

Dalšími charakteristickými vlastnostmi jsou:

- optická mohutnost čočky (-10 až +35 D postupujících po 0,5 D)
- zakřivení povrchu (obě plochy konvexní / jedna plocha konvexní a druhá rovná)
- počet ohnisek (monofokální, multifokální, trifokální)
- tvar okraje optické části (oválný nebo ostrý)
- konstanta A pro výpočet optické mohutnosti (liší se podle materiálu a designu IOL)
- typ spojení haptické a optické částí (single-piece (obr. 16) a multi-piece (obr. 17)) [1]



Obrázek 16: Umělá jednokusová IOL (single-piece) [1]



Obrázek 17: Umělá vícekusová IOL (multi-piece) [1]

Principem **multifokální nitrooční čočky** je rozdělení světla tak, aby vznikaly dvě ohniska (případně více ohnisek). Jedno ohnisko je využíváno na blízko a druhé na dálku. Díky principu refrakce, difrakce, případně jejich kombinace dochází k rozdělení světla. Nevýhodou je snížená kontrastní citlivost a problém může nastat i se zrakovou ostrostí

na střední vzdálenost. Řešení je například v trifokálních nitroočních čočkách (rozdělují světlo do tří ohnisek) nebo implantace různých typů IOL do dominantního a nedominantního oka. [1]

Princip **akomodační nitrooční čočky** není doposud zcela jasný. V průběhu akomodace dochází pravděpodobně k posunu IOL dopředu, zvýšení zakřivení její optické části a tím ke zvýšení její optické mohutnosti. Ve srovnání s multifokální nitrooční čočkou má pacient s akomodační nitrooční čočkou lepší kontrastní citlivost a zrakovou ostrost na dálku. [1]

5.3.2 Implantace fakické nitrooční čočky

Principem této metody je implantace IOL cestou rohovkového nebo sklerálního řezu. Podle typu čočky se liší její způsob uchycení a její lokalizace. Všechny se ale umísťují před přirozenou čočkou. Fakické čočky dělíme na předněkomorové a zadněkomorové. Díky implantaci dosáhneme požadované změny dioptrické mohutnosti optického aparátu, zachování akomodace a poměrně velké optické zóny. [11]

5.3.3 Konduktivní keratoplastika (CK-monovision)

Operace metodou konduktivní keratoplastiky je prováděna v místním znecitlivění. Aplikací radiových vln na střední periferii rohovky vzniká tepelná energie, která vede ke srážení kolagenu ve stromatu rohovky a tím dochází k vyklenutí a zvýšení lomivosti rohovkového centra. Velikost adice, které můžeme díky této metodě dosáhnout, se pohybuje v rozsahu od 0,50 do 2,00 D. Nevýhodou při této operaci je značně nestabilní pooperační refrakce. Doporučuje se u nižších hypermetropií (0,75-3,50 D) s astigmatismem do 0,75 D, kdy dochází k překorigování nedominantního oka. [22, 34]

5.3.4 Rohovkové implantáty

Další možnost korekce presbyopie je za pomoci rohovkových implantátů, kdy je do rohovky implantována opracovaná tkáň nebo syntetický materiál. K refrakční změně rohovky vede právě změna zakřivení přední plochy rohovky, případně zvýšení indexu lomu. V současnosti jsou dostupné 3 typy rohovkových implantátů řešících korekci presbyopie – Raindrop, FlexiVue Microlens a KAMRA. [1]

Raindrop, dříve známý jako PresbyLens nebo Vue+, je implantát o velikosti 2 mm vyrobený z hydrogelu. Implantuje se do nedominantního oka pod rohovkový flap. Hlavním principem je změna zakřivení přední plochy rohovky a navození multifokality. [1]

FlexiVue Microlens je implantát o velikosti 3,2 mm a tloušťky asi 15 μm , vyrobený z hydrofilního polymeru. Má centrální nerefrakční zónu (o průměru 1,8 mm) a periferní refrakční zónu +1,25 až +3,50 D. Implantace je prováděna na nedominantním oku do rohovkové kapsy v hloubce 280-300 μm . [1]

KAMRA je rohovkový implantát o velikosti 3,8 mm, který se implantuje na nedominantní oko pod lamelu tloušťky 200 μm . Je vyrobený z biokompatibilního polymeru obsahujícího mikroperforace k zajištění výživy přední části rohovky nad implantátem. Díky implantátu není změněn dioptrický stav oka, ale centrálním otvorem je navozeno stenopické vidění, zvětšena hloubka ostrosti a do určité míry zlepšeno vidění do blízka. [1]

Keratofakie je metodou, u které vkládáme intrastromálně plusovou čočku tak, aby docházelo ke zvýšení zakřivení přední plochy rohovky. Čočku umísťujeme na stromální lůžko. Může být připravena z dárcovské rohovky, pak se jedná o homoplastickou keratofakii, nebo ze syntetického materiálu – aloplastická keratofakie. Homoplastická keratofakie se dnes již neprovádí. Původní implantáty u aloplastické keratofakie vykazovaly spoustu komplikací. Komplikace řešíme použitím propustných materiálů (např. hydrogelových implantátů) nebo fenestrací (proděravěním) implantátového materiálu. [1]

6 Experimentální část

6.1 Úvod do experimentální části

Presbyopie je tématem každého z nás, ať už aktuálním nebo budoucím. Začíná okolo 40. roku věku, avšak ne každý musí problém hned zaznamenat a ne každý si ho chce připustit. Spoustu lidí řeší brýle na čtení zakoupením tzv. hotových brýlí, což ale není vhodnou variantou. Jednak kvůli možnému rozdílu refrakce obou očí a případné cylindrické korekci a taky z důvodu, že klienti většinou volí brýle sloužící spíše jako lupy

Experimentální část práce se věnuje variabilitě čtecí vzdálenosti u jednotlivých pacientů. Dle výzkumu bude stanovena nejčtenější čtecí vzdálenost, díky níž si odpovíme na otázku, zda je vhodné měřit v konstantní čtecí vzdálenosti dle tabulky č. 1 (viz kapitola 5, str. 17). Dále jsem se snažila zaměřit na závislost čtecí vzdálenosti vůči hodnotě velikosti adice u různých věkových skupin.

V rámci mého měření byly sledovány vhodné otázky pro zjištění čtecích podmínek klienta a snaha zjistit příčinu nesprávně předepsané korekce.

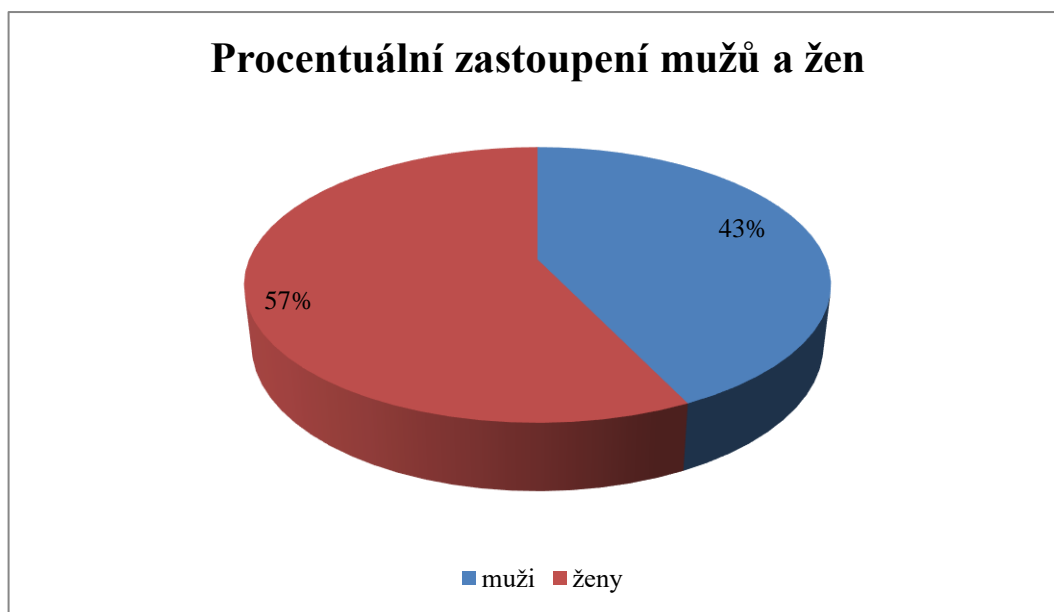
6.2 Metodika

Sběr dat pro můj výzkum probíhal v očním a estetickém centru OTTLENS v Šumperku od začátku února 2021 do poloviny dubna 2021.

Při sběru dat nebylo porušeno GDPR (General Data Protection Regulation). K osobní potřebě jsem použila pouze pohlaví klientů, jejich věk, hodnotu adice a změřila si délku jejich čtecí vzdálenosti.

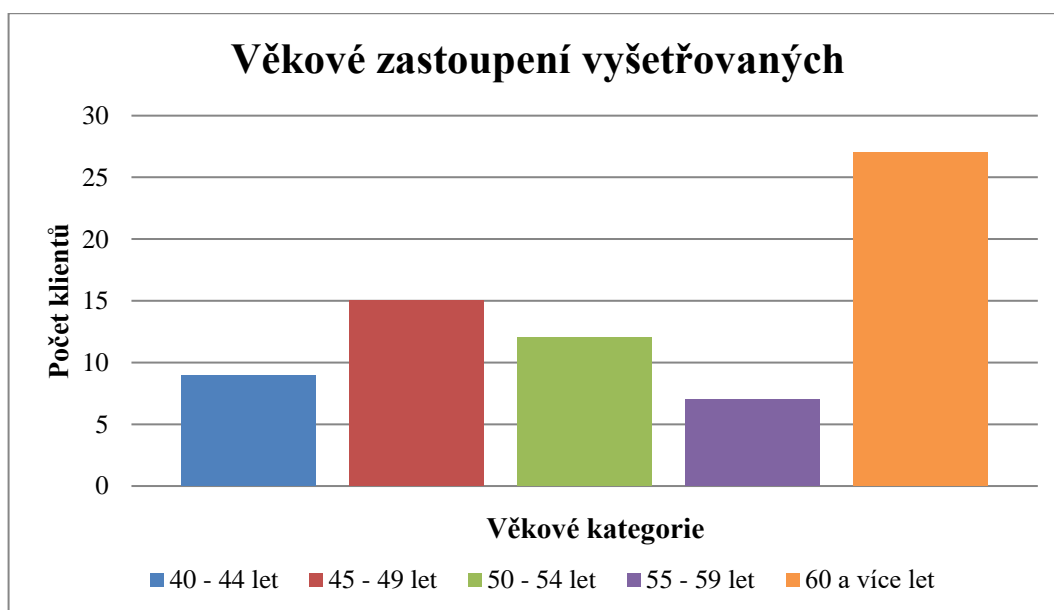
Celkem bylo naměřeno 70 presbyopických pacientů, z toho 30 mužů a 40 žen. Věkové zastoupení se pohybovalo v rozmezí od 40 let do 77 let věku. Kvůli tématu presbyopie bylo podmínkou splnění kritéria – minimální věk 40 let a doposud nepodstoupená operace katarakty. Pacienti mladších věkových skupin většinou přicházeli kvůli tzv. syndromu krátkých rukou, naopak starší věkové skupiny spíše kvůli pravidelným kontrolám a potřebě zvýšení korekce na blízko.

Procentuální zastoupení mužů a žen je znázorněno na obrázku č. 18.



Obrázek 18: Graf procentuálního zastoupení mužů a žen

Rozdělení klientů dle věkových skupin je znázorněno na obrázku č. 19. Věkové kategorie byly následující: klienti 40-44 let, 45-49 let, 50-54 let, 55-59 let a klienti starší 60 let. Z grafu můžeme vyčíst, že největší zastoupení měla věková skupina nad 60 let. Naopak nejméně vyšetřovaných bylo ve věku 55-59 let. Věkové rozmezí pacientů bylo 40-77 let a věkový průměr činil 55,89 let.



Obrázek 19: Graf věkového zastoupení vyšetřovaných

6.2.1 Postup refrakce a použité vybavení

Postup refrakce byl u všech pacientů stejný. Jelikož sběr probíhal v očním centru, pacienti prošli kompletní zdravotní prohlídkou u lékaře a poté vyšetřením refrakce. Jako první podstoupili změření objektivní refrakce za pomoci autorefraktometru a zjištění naturálního vizu. Následně byla změřena subjektivní refrakce pomocí foropteru a LCD optotypu. Finální dokorekce na dálku byla provedena v brýlové obrubě.

Po vykorigování pacienta na dálku následovala korekce na blízko. Pacient dostal do rukou Jägrovu tabulku (obr. 8, kapitola 4, str. 16) a byl požádán, aby si ji dal do takové čtecí vzdálenosti, která je pro něj typická a pohodlná. Poté byl vyzván, aby přečetl řádek, který bez problému zvládne. Dle věku pacienta, byla do brýlové obruby vložena korekce s odpovídající hodnotou přídavku na blízko. Orientační hodnota dioptrie byla zvolena podle tabulky s obvyklými hodnotami adice (viz. tabulka 1, kapitola 5, str. 17). Dále byl pacient dokorigován dle potřeby. Velký pozor byl kladen na zvětšující se text, pokud pacient odpověděl, že se mu s předložením +0,25 D text zvětšuje, korekční hodnota již přidána nebyla. Korigovala jsem presbyopii nejnižší hodnotou adice, při které pacient četl pohodlně nejmenší text (vizus 1,0).

V tuto chvíli nastal pravý čas na změření čtecí vzdálenosti kvůli prováděnému výzkumu. Pacient stále držel testovací kartu ve své pohodlné vzdálenosti a já jsem změřila vzdálenost od testovací karty po rohovku oka.

6.2.2 Vhodné otázky pro správné stanovení správné adice

Kvůli správnému stanovení adice je důležité doptat se na pár důležitých informací. Jednak kvůli správné výsledné korekci a kvůli předejití případné nespokojenosti klienta.

Ideální čtecí vzdálenost

Hlavním dotazem při výzkumu byla otázka na ideální čtecí vzdálenost. Při naměření hodnoty adice chceme, aby byl pacient vykorigován na vzdálenost pro něj nejpohodlnější a nejpoužívanější. Je nutné mu sdělit, že delší čtecí vzdálenost už pro něj tolik pohodlná být nemusí.

Práce na počítači

Zkoumaným faktorem při určování případné redukce pracovní vzdálenosti byla otázka na práci s počítačem (v průměrné vzdálenosti 70 cm), případně s notebookem (v průměrné vzdálenosti 50 cm). Z celkového počtu 70 klientů používalo stolní počítač 36 klientů, naopak na notebooku pracovalo 12 klientů a 22 klientů nepoužívalo žádný z typů počítače. Po převedení na procenta činil stolní počítač 51,43 %, notebook 17,14 % a zbylých 31,43 % klientů nevyužívalo žádný přístroj.

Doporučení brýlové korekce

Dotaz byl volený na práci na širší vzdálenost. Je nutné upozornit, že v brýlích na čtení bude mít klient zhoršenou střední pracovní vzdálenost i dálku. Při práci na střední vzdálenost, například v kanceláři, lze doporučit degresivní brýlové čočky. Další možností je volba multifokálních brýlových čoček, kdy se zamezí sundávání brýlí a klient bude moci fungovat s jedněmi brýlemi na všechny vzdálenosti.

6.2.3 Cíle práce a hypotézy

Ve výzkumu nás bude zajímat nejčtenější čtecí vzdálenost klientů. Ukázat, jak je důležité pacienty korigovat podle jejich požadavků na čtení a nejen podle tabulkových hodnot. Dalším cílem bylo stanovení korelace mezi délkou čtecí vzdálenosti a hodnotami velikosti adice v určitých věkových skupinách

Na základě porovnání tabulkových čtecích vzdáleností jsem vytvořila dvě hypotézy, které budu zkoumat a budu se snažit zjistit, zda jsou tyto hodnoty vhodné pro měření velikosti adice, anebo ne.

Nulová hypotéza H_0 a alternativní hypotéza H_1 porovnávají tabulkovou hodnotu čtecí vzdálenosti 33 cm a naměřené hodnoty čtecí vzdálenosti klientů mého experimentu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Hypotéza H_0 :

Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 33 cm.

Hypotéza H_1 :

Hodnota ideální čtecí vzdálenosti není 33 cm.

Naopak nulová hypotéza H_0 a alternativní hypotéza H_2 porovnávají tabulkovou hodnotu čtecí vzdálenosti 40 cm a naměřené hodnoty čtecí vzdálenosti klientů, také na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Hypotéza H_0 :

Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 40 cm.

Hypotéza H_1 :

Hodnota ideální čtecí vzdálenosti není 40 cm.

6.3 Výsledky experimentální části a vyhodnocení

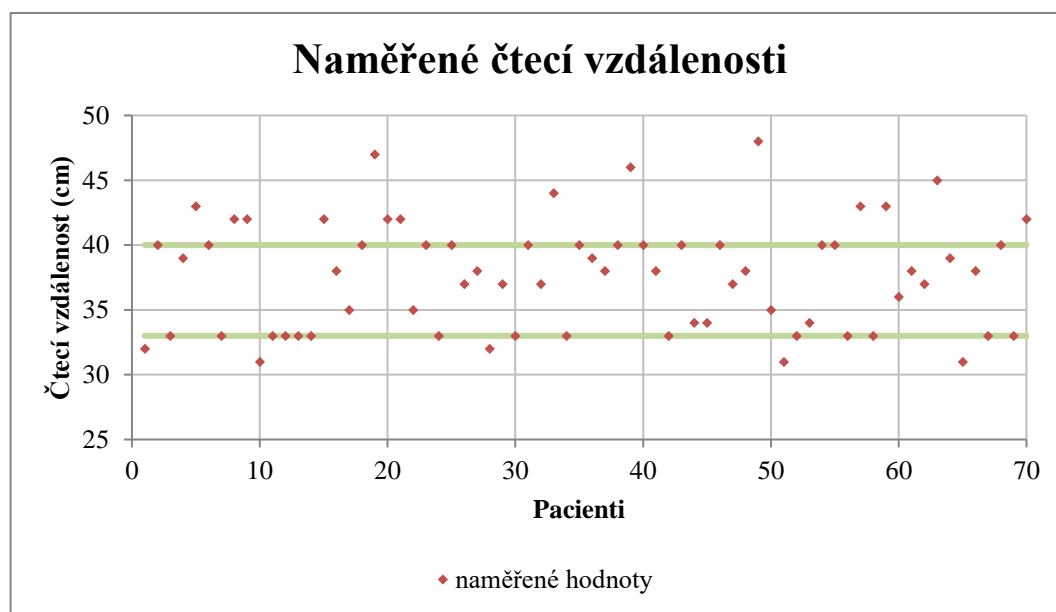
Vyhodnocení hypotéz bylo provedeno pomocí statistických funkcí v programu Microsoft Excel a za pomoci Softwaru R.

Získané parametry velikosti čtecí vzdálenosti jsou zaznamenány v následující tabulce č. 2, zvláště pro muže a pro ženy. Rozmezí čtecí vzdálenosti se pohybovalo od 31 cm do 48 cm. Průměrná délka čtecí vzdálenosti dle všech vyšetřovaných pacientů činila 37,63 cm. Naopak nejčastěji vyskytovanou hodnotou čtecí vzdálenosti byla vzdálenost 33 cm, která se vyskytovala u 15 klientů, tedy u 21,43 %. Při rozdělení pohlaví na muže a ženy se průměrná velikost čtecí vzdálenosti malinko lišila. U mužů šlo o hodnotu 38,77 cm a u žen 36,78 cm.

Tabulka 2: Velikosti čtecích vzdáleností vyšetřovaných mužů a žen

Pacient	Čtecí vzdálenosti [cm]	
	Muž	Žena
1.	32	40
2.	43	33
3.	33	39
4.	33	40
5.	35	33
6.	47	42
7.	42	42
8.	42	31
9.	40	33
10.	33	33
11.	40	42
12.	40	38
13.	44	40
14.	40	35
15.	39	37
16.	40	38
17.	40	32
18.	37	37
19.	38	33
20.	35	37
21.	33	33
22.	40	38
23.	43	40
24.	37	46
25.	45	38
26.	39	33
27.	38	34
28.	33	34
29.	40	40
30.	42	48
31.		31
32.		34
33.		40
34.		33
35.		33
36.		43
37.		36
38.		38
39.		31
40.		33

Naměřené hodnoty velikosti čtecí vzdálenosti jsou znázorněné na obrázku č. 20. Pro zajímavost je zde zaznamenané rozhraní tzv. ideální čtecí vzdálenosti 33-40 cm a hodnoty adice klientů mnou naměřené. Ze 70 naměřených klientů se v rozmezí pohybovalo 51 klientů tedy 72,86 %. Toto rozmezí nesplňovalo 19 klientů – 5 klientů mělo hodnotu nižší než 33 cm, jednalo se o 7,14 % a 14 klientů mělo hodnotu vyšší než 40 cm, což bylo 20 %. Přesně na hranici 33 cm se hodnota čtecí vzdálenosti shodovala u 15 klientů a na hranici 40 cm se hodnota vzdálenosti shodovala u 14 klientů.



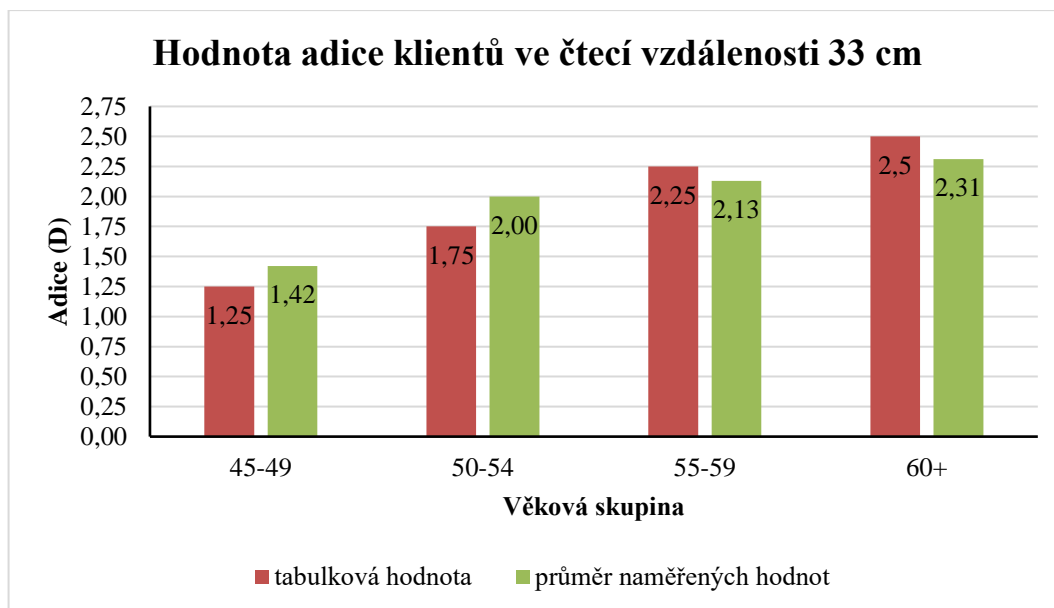
Obrázek 20: Graf hodnot naměřených čtecích vzdálenosti k ideálnímu rozmezí 33-40 cm

K dalšímu zkoumání mého experimentu jsem vytřídila určité klienty. Snahou bylo porovnat tabulku obvyklých hodnot adice v návaznosti na nejčastěji udávané čtecí vzdálenosti (tab. č. 1, kapitola 5, str. 17) se mnou naměřenými hodnotami. Proto jsem použila jen klienty, kteří měli hodnotu čtecí vzdálenosti 33 cm a 40 cm a byly ve věkových skupinách 45-49 let, 50-54 let, 55-59 let a ve skupině nad 60 let. Vynechala jsem věkovou skupinu 40-44 let, poněvadž pro ni tabulka hodnoty nemá. Muže a ženy jsem v této oblasti dle pohlaví nečlenila.

Pro čtecí vzdálenost 33 cm jsem nakonec porovnávala hodnoty u 3 klientů ve věkové skupině 45-49 let, u 3 klientů ve věkové skupině 50-54 let, pouze u 2 klientů ve věkové skupině 55-59 let a u 4 klientů ve věkové skupině nad 60 let.

Pro čtecí vzdálenost 40 cm se počty porovnávaných hodnot o moc nelišily. Ve věkových skupinách 45-49 let, 50-54 let, 55-59 let jsem porovnávala hodnoty vždy u 3 klientů a ve věkové skupině nad 60 let hodnoty u 5 klientů.

Každá věková skupina má svoji tabulkovou hodnotu srovnanou s průměrem mnou naměřených hodnot. Na následujícím obrázku č. 21 jsou zaznamenány hodnoty adice pro vzdálenost 33 cm.



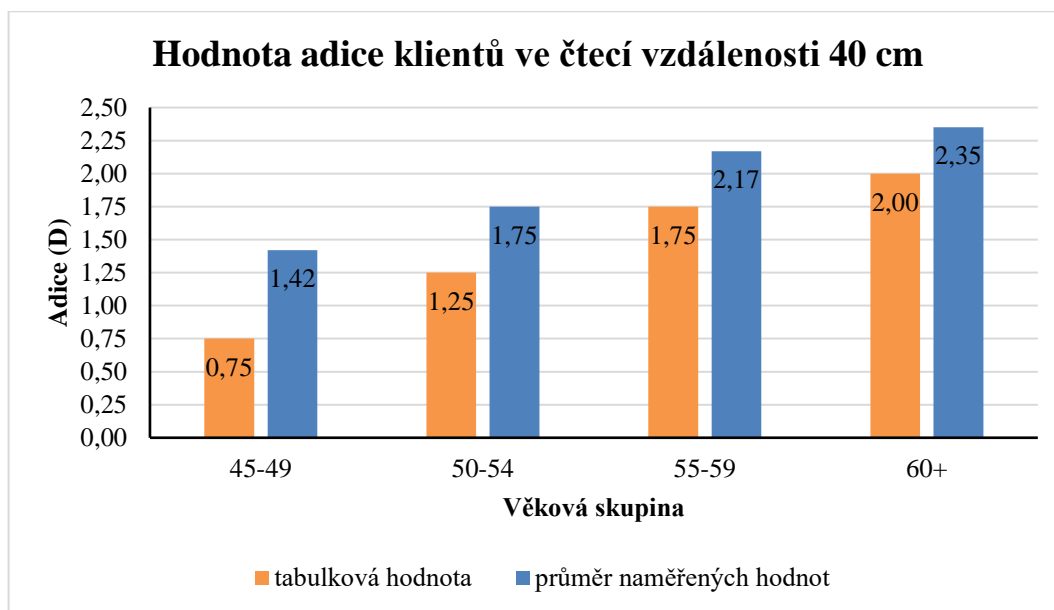
Obrázek 21: Graf hodnoty adice klientů ve čtecí vzdálenosti 33 cm

Do analýzy konvečních čtecích vzdáleností byly zařazeni klienti vyhovující tomuto kritériu. V návaznosti na tabulkové hodnoty museli být rozděleni do věkových skupin a tím se jejich počet významně redukoval. Dle mých dosažených hodnot můžu říct, že se hodnoty výsledných adic neshodovaly s tabulkovými hodnotami. Výsledný rozdíl je zaznamenaný v tabulce č. 3. U prvních dvou věkových skupin je výsledná hodnota naměřené adice větší a u zbylých dvou věkových skupin je naopak nižší.

Tabulka 3: Tabulka porovnání hodnot adice na čtecí vzdálenost 33 cm

Věková kategorie	45-49 let	50-54 let	55-59 let	nad 60let
Tabulková hodnota (D)	1,25	1,75	2,25	2,50
Průměr ± směrodatná odchylka (D)	1,42±0,31	2,00±0,00	2,13±0,13	2,31±0,21
Rozdíl (D)	+0,17	+0,25	-0,13	-0,19

Na dalším obrázku č. 22 jsou zaznamenány hodnoty adice pro vzdálenost 40 cm. Je zde srovnána tabulková hodnota adice pro tuto vzdálenost s průměrem mnou naměřených hodnot.



Obrázek 22: Graf hodnoty adice klientů ve čtecí vzdálenosti 40 cm

Z grafického znázornění vyplývá odlišnost tabulkových hodnot od naměřených hodnot. Díky získaným hodnotám lze říct, že se hodnoty opět neshodují. Rozdíl je zaznamenán v tabulce č. 4. U všech věkových kategorií je průměr naměřených hodnot adice vyšší.

Tabulka 4: Tabulka porovnání hodnot adice na čtecí vzdálenost 40 cm

Věková kategorie	45-49 let	50-54 let	55-59 let	nad 60let
Tabulková hodnota (D)	0,75	1,25	1,75	2,00
Průměr ± směrodatná odchylka (D)	1,42±0,24	1,75±0,20	2,17±0,31	2,35±0,12
Rozdíl (D)	+0,67	+0,50	+0,42	+0,35

Pro všechny naměřené pacienty jsem po rozdělení do věkových skupin stanovila Pearsonův korelační koeficient v závislosti čtecích vzdáleností a velikostí hodnot adice. U věkové skupiny 40-44 let vyšel korelační koeficient 0,188, u věkové skupiny 45-49 let byl koeficient 0,103, u věkové skupiny 50-54 let vyšel -0,189, u věkové skupiny 55-59 byl 0,203 a u věkové skupiny nad 60 let byl výsledný korelační koeficient -0,068.

Nejvyšší korelace vyšla u věkové skupiny 55-59 let, ale i tak se jednalo pouze o slabou korelaci. Tudíž nebyl potvrzen vzájemný vztah.

6.3.1 Statistické vyhodnocení

Na 5% hladině významnosti za použití jednovýběrového t-testu byla $p < 0,001$. V návaznosti na tento výsledek první hypotézu $H0_1$: („*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 33 cm.*“) zamítáme. Hypotézu $H1$: („*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti není 33 cm.*“) potvrzujeme. Výsledky analýzy hypotézy jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Podle dosažených výsledků díky jednovýběrovému t-testu jsme získali hodnotu statistické významnosti $p < 0,001$, což je také menší než zadaná hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Druhou hypotézu $H0_2$: („*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 40 cm.*“) také zamítáme. Potvrzujeme tedy hypotézu $H2$ („*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti není 40 cm.*“). Výsledky hypotézy jsou znázorněny v následující tabulce č. 5.

Tabulka 5: Porovnání výsledků analýzy hypotéz

Hypotéza	Hladina významnosti α	Dosažená hladina významnosti P	Výsledek
$H0_1$	0,05	$<0,001$	$H0_1$ zamítnuta, $H1$ potvrzena
$H0_2$	0,05	$<0,001$	$H0_2$ zamítnuta, $H2$ potvrzena

7 Diskuse

Dle zadaných cílů bakalářské práce byla měřením experimentální části zjištěna nejčtenější vzdálenost pro čtecí text a digitální zařízení. Jednalo se o vzdálenost 33 cm, která se vyskytovala u 15 klientů, čili u 21,43 %. Z mých výsledků vyplývá, že aritmetický průměr čtecích vzdáleností naměřených klientů činí 37,63 cm a jeho konfidenční interval je přibližně 36,62 – 38,63 cm. Dá se tedy předpokládat, že by se skutečná ideální čtecí vzdálenost měla pohybovat v uvedeném intervalu. Zvláště pro muže byla průměrnou hodnotou čtecí vzdálenost 38,77 cm a u žen 36,78 cm. U mužů se delší čtecí vzdálenost předvídá, kvůli větší výšce, avšak toto nebylo prvkem mého zkoumání.

Hypotézy, které jsem stanovila, byly zamítnuty. Pomocí jednovýběrového t-testu bylo dosaženo výsledků k ověření hypotézy H_{01} : („*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 33 cm.*“), které vedly k získání statistické významnosti $p < 0,001$. Což vedlo k zamítnutí hypotézy na zadané hladině významnosti 5 %. Stejně jako u první hypotézy byl i u druhé hypotézy H_{02} : („*Hodnota ideální čtecí vzdálenosti je 40 cm.*“) použit jednovýběrový t-test, díky kterému jsme zjistili hodnotu statistické významnosti $< 0,001$. Na základě těchto výsledků byla zamítnuta i tato hypotéza, která byla postavena na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Pro zjištění případné korelace hodnot adice a čtecích vzdáleností jsem využila Pearsonův korelační koeficient. Pro věkovou skupinu 40-44 let vyšel korelační koeficient 0,188 a pro věkovou skupinu 45-49 let byla hodnota koeficientu 0,103. U těchto dvou věkových skupin se jednalo o korelaci kladnou, ale velmi slabou. Věková skupina 50-54 let měla hodnotu koeficientu -0,189 a věková skupina nad 60 let měla výsledný koeficient -0,068. Šlo o negativní a velmi slabou korelaci pro tyto dvě věkové skupiny. Pozitivní slabou korelaci měla věková skupina 55-59 let, kdy byla hodnota jejího korelačního koeficientu 0,203 a byla to tedy nejvyšší korelace. Na základě tohoto zjištění nebyl potvrzen vzájemný vztah, avšak kvůli redukci a výslednému nízkému počtu naměřených hodnot tyto výsledky nelze zcela analyzovat.

Dílčím cílem studie bylo porovnat tabulkové hodnoty adice spolu se mnou naměřenými hodnotami pro nejčastěji udávané čtecí vzdálenosti. Proto k tomuto hodnocení bylo využito pouze dat klientů, kteří měli čtecí vzdálenost 33 cm a 40 cm. Následně byli klienti ještě rozčleněni podle věkových skupin, čímž došlo k velké redukci původního počtu.

Pro čtecí vzdálenost 33 cm byly výsledky následující. Věková skupina 44-49 let má uvedenou tabulkovou hodnotu adice 1,25 D, mnou naměřená průměrná hodnota byla $1,42 \pm 0,31$ D. Další věková skupina 50-54 let má hodnotu dle tabulek 1,75 D, přičemž má měřená průměrná hodnota byla $2,00 \pm 0$ D. Tabulková hodnota 2,25 D je uvedena pro věkovou kategorii 55-59 let, průměr mého měření vyšel $2,13 \pm 0,13$ D. Poslední věková skupina nad 60 let má udávanou hodnotu adice 2,50 D, avšak mnou naměřená hodnota byla $2,31 \pm 0,21$ D. První dvě věkové kategorie měli hodnotu adice vyšší oproti tabulkové, naopak zbylé dvě kategorie ji měly nižší.

Pro čtecí vzdálenost 40 cm se výsledky také lišily. První věková kategorie 45-49 let má přidělenou tabulkovou hodnotu 0,75 D, oproti této hodnotě jsem naměřila průměrnou hodnotu $1,42 \pm 0,24$ D. Tabulková hodnota následující věkové skupiny 50-54 let je 1,25 D, oproti níž je má průměrná hodnota $1,75 \pm 0,20$ D. Skupina 55-59 let se svou hodnotou 1,75 D také lišila od mé průměrné hodnoty $2,17 \pm 0,31$ D. Poslední věková kategorie nad 60 let má přidělenou hodnotu dle tabulek 2,00 D, avšak má průměrná hodnota činí $2,35 \pm 0,12$ D. Pro tuto čtecí vzdálenost mé experimentální výsledky udávají vyšší adici než je adice tabulková. Z výsledků mé studie vyplývá, že se hodnoty oproti tabulkovým hodnotám liší, avšak kvůli malému vzorku nemusí být výsledky zcela výchozí.

Pro správně určenou hodnotu adice jsou zapotřebí i správně volené otázky na klienta. Důležité je ptát se, zda je pro ně čtecí vzdálenost ideální a vysvětlit jim, že delší vzdálenost může působit komplikace při použití korekce stanovené na kratší vzdálenost. Dotazovat se, zda pracují s počítačem nebo notebookem. Z mého vzorku využívalo stolní počítač 51,43 % klientů, notebook 17,14 % klientů a zbylých 31,43 % klientů nevyužívalo žádný přístroj. Následně je vhodné poradit pacientům možnosti korekce a vysvětlit benefity jednotlivých produktů.

8 Závěr

Cílem optometristy je korekční pomůcka, která bude maximálně splňovat požadavky jednotlivých klientů, což povede k jejich spokojenosti.

V teoretické části je práce zaměřena na akomodaci a její mechanismus, dále na presbyopii, její vyšetření možnosti presbyopické korekce. Praktická část je věnována správnému stanovení korekce a důležitosti individuálního přístupu ke každému jedinci.

Cílem bylo vytyčení nejčtenější vzdálenosti a hlavně individualita čtecích vzdáleností klientů. Díky konfidenčnímu intervalu víme, že by se ideální čtecí vzdálenost měla pohybovat mezi 36,62 – 38,63 cm. Každý klient má ale hodnotu čtecí vzdálenosti individuální a je důležité na to myslet. Pomocí statistického vyhodnocení nebyly potvrzeny hodnoty tabulkových čtecích vzdáleností. Čímž je individualita znovu potvrzena.

Dále byla zjištěna odlišnost od tabulkových hodnot adice. Snaha o porovnání hodnot adice v určitých čtecích vzdálenostech pro jednotlivé věkové skupiny vedla k výsledkům, že hodnoty uvedené v tabulce nejsou přesné. K podrobnému hodnocení této části by ale bylo zapotřebí naměřit více klientů. Kvůli malému vzorku tyto výsledky nemusí být zcela přesné.

Pearsonovy korelační koeficienty nám pomohli zjistit, zda je nějaký vzájemný vztah mezi hodnotami adice a čtecími vzdálenostmi. Avšak vzájemný vztah těchto hodnot nebyl potvrzen, poněvadž korelace byla slabá.

Správně volenými doplňujícími otázkami při korekci můžeme dojít k následné změně například kvůli požadavku korekce na střední vzdálenost. Občas je nutné volit kompromis mezi čtecí a pracovní vzdáleností. Toho opět dosáhneme jen díky individuálnímu přístupu ke každému pacientovi.

Měřením v experimentální části byla zjištěna možná příčina nesprávně předepsané adice, která může být způsobena zjištěnými neodpovídajícími hodnotami tabulkových adic.

Seznam použité literatury

- [1] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] AUTRATA, Rudolf. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [3] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [4] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [5] Anatomie lidského oka. OPTIK Hana Šafariková [online]. ©2012 [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <http://www.optika-safarikova.cz/oko.html>
- [6] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.
- [7] RABBETTS, Ronald B. Clinical VISUAL OPTICS. 4th edition. Portsmouth, UK: Butterworth Heinemann Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8874-1.
- [8] DARTT, Darlene A., Joseph C. BESHARSE a Reza DANA. Encyclopedia of the Eye. Boston, MA, USA: AP, 2010. ISBN 012374198X.
- [9] Akomodace oka. SYMPTOMY [online]. 2019 [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://www.symptomy.cz/akomodace-oka>
- [10] FÚZNÍ REZERVY a jejich nepřímé měření 2. část. Česká oční optika [online]. 2016, 57(3), 17 [cit. 2020-12-31]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2016_03.pdf
- [11] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [12] Fyziologie a patologie zornicových reakcí [online]. Brno, 2020 [cit. 2021-4-9]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/kiagb/BP_DVORAKOVA_jdwj8.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.

- [13] TSUBOTA, Kazuo, Brian S. Boxer WACHLER, Dimitri T. AZAR a Douglas D. KOCH. Hyperopia and Presbyopia. New York: Marcel Dekker, 2003. ISBN 0-8247-4107-2.
- [14] BENJAMIN, William J. Borish's Clinical Refraction. 2nd edition. Missouri: Elsevier, 2006. ISBN 0-7506-7524-1.
- [15] BURNS, David H., Peter M. ALLEN, David F. EDGAR a Bruce J.W. EVANS. Sources of error in clinical measurement of the amplitude of accommodation. Journal of Optometry [online]. 2020, 13(1), 3-14 [cit. 2020-12-15]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2019.05.002
- [16] Základy brýlové optiky. Česká oční optika [online]. 2009, 50(2), 48 [cit. 2021-01-05]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2009_02.pdf
- [17] KVAPILÍKOVÁ, Květa. Práce a vidění. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-275-2.
- [18] Akomodace. Bmedic ONLINE [online]. ©2018 [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://bmedic-online.cz/lekce/opticke-pristroje/>
- [19] Poruchy Binokulárního vidění Pohled do angloamerické praxe 2. část. Česká oční optika [online]. 2012, (1), 21 [cit. 2020-12-31]. ISSN 1211- 233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2012_01.pdf
- [20] Lindberg L. Akkommodaati spasmi [Spasm of accommodation]. Duodecim. 2014;130(2):168-73. Finnish. PMID: 24605432.
- [21] KHURANA. Theory And Practice Of Optics And Refraction. 2nd edition. London: Elsevier, 2008. ISBN 978-81-312-1132-8.
- [22] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. Atlas oftalmologie. 2. vyd. V Praze: Triton, 2008. ISBN 978-80-7387-160-4.
- [23] HORNOVÁ, Jara. Oční propedeutika. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [24] BENEŠ, Pavel. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [25] MESLIN, D., Praktická refrakce, Listy očních optiků Essilor, 2006, 50-51.
- [26] ELLIOTT, David B. Clinical Procedures in Primary Eye Care. 4. vyd. Bradford, United Kingdom: Elsevier Saunders, 2014. ISBN 978-0-7020-5194-4.

- [27] RUTRLE, Miloš. Brýlová 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 80-7013-347-3.
- [28] BIFOKÁLNÍ BRÝLOVÉ ČOČKY. OČI OPTIKA ČIVICE [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://www.optikacivice.cz/bifokalni.aspx?langId=1>
- [29] The optics of occupational progressive lenses. Optometry - Journal of the American Optometric Association [online]. 2005, 76(8), 432-433 [cit. 2021-01-05]. ISSN 1529-1839. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S152918390500031X?casa_token=OHj_h2Wx5ZEAAAAA:Iq6YxhjDX5nL_py_XokUCimyFoYNcnwr8pyCVk3Xk9JdpKW5BENpDrK-ogeEVnihuCD-JnmH
- [30] INTERIÉROVÉ BRÝLOVÉ ČOČKY. OČI OPTIKA ČIVICE [online]. [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: <https://www.optikacivice.cz/interierove.aspx?langId=1>
- [31] VESELÝ, Petr. Brýlová technologie I a II: praktická cvičení. Brno: Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-7779-9.
- [32] PROGRESIVNÍ BRÝLOVÉ ČOČKY. OČI OPTIKA ČIVICE [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://www.optikacivice.cz/progresivni.aspx>
- [33] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Kontaktní čočky. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003. ISBN 80-7013-387-2.
- [34] Monovision – metoda korekce presbyopie. Česká oční optika [online]. 2008, 49(3), 22 [cit. 2020-12-31]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2008_03.pdf
- [35] Život začíná s presbyopií. Česká oční optika [online]. 2010, 51(1), 82-87 [cit. 2020-12-31]. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2010_01.pdf
- [36] Nová možnost řešení presbyopie v kombinaci s další refrakční vadou – multifokální kontaktní čočky. Česká oční optika [online]. 2005 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://www.4oci.cz/nova-moznost-reseni-presbyopie-v-kombinaci-s-dalsi-refrakcni-vadou-multifokalni-kontaktni-cocky_4c390

Seznam symbolů a zkratek

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
<i>JBV</i>	<i>Jednoduché binokulární vidění</i>
<i>D</i>	<i>Dioptrie</i>
<i>AC</i>	<i>Akomodační konvergence</i>
<i>A</i>	<i>Akomodace</i>
<i>NPC</i>	<i>Blízký bod akomodace</i>
<i>AA</i>	<i>Akomodační amplituda (akomodační šíře)</i>
<i>A_R</i>	<i>Daleký bod (punctum remotum)</i>
<i>A_P</i>	<i>Blízký bod (punctum proximum)</i>
<i>a_R</i>	<i>Vzdálenost dalekého bodu v metrech</i>
<i>a_P</i>	<i>Vzdálenost blízkého bodu v metrech</i>
<i>CNS</i>	<i>Centrální nervová soustava</i>
<i>KČ</i>	<i>Kontaktní čočka</i>
<i>CLE</i>	<i>Clear lens extraction</i>
<i>PRELEX</i>	<i>Presbyopic lens exchange</i>
<i>IOL</i>	<i>Intraocular lens, nitrooční čočka</i>
<i>LASIK</i>	<i>Laser-Assisted in situ Keratomileusis</i>
<i>CK</i>	<i>Konduktivní keratoplastika</i>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Popis očních struktur [5].....	2
Obrázek 2: Anatomické změny oka při akomodaci [9].....	4
Obrázek 3: Princip Helmholtzovy teorie akomodace [1].....	7
Obrázek 4: Princip teorie akomodace podle Schachara a Tcherninga [1].....	8
Obrázek 5: Dondersova křivka - akomodační šíře v závislosti na věku [17].....	10
Obrázek 6: Znázornění vzdáleného bodu akomodace [18].....	11
Obrázek 7: Znázornění blízkého bodu akomodace [18].....	11
Obrázek 8: Jäegrovy tabulky [11].....	16
Obrázek 9: Znázornění pohledu přes bifokální brýlovou čočku [28].....	18
Obrázek 10: Rozsah pracovní vzdálenosti s degresivními brýlovými čočkami [30].....	19
Obrázek 11: Znázornění pohledu přes multifokální brýlovou čočku [32].....	20
Obrázek 12: Design bifokální KČ s alternující adicí [35].....	22
Obrázek 13: Design více koncentrických zón bifokální KČ [35].....	23
Obrázek 14: Design multifokální KČ se středovou zónou pro korekci dálky [35].....	24
Obrázek 15: Design multifokální KČ se středovou zónou pro korekci blízka [35].....	24
Obrázek 16: Umělá jednokusová IOL (single-piece) [1].....	26
Obrázek 17: Umělá vícekusová IOL (multi-piece) [1].....	26
Obrázek 18: Graf procentuálního zastoupení mužů a žen.....	30
Obrázek 19: Graf věkového zastoupení vyšetřovaných.....	30
Obrázek 20: Graf hodnot naměřených čtecích vzdáleností k ideálnímu rozmezí 33-40 cm.....	35
Obrázek 21: Graf hodnoty adice klientů ve čtecí vzdálenosti 33 cm.....	36
Obrázek 22: Graf hodnoty adice klientů ve čtecí vzdálenosti 40 cm.....	37

Seznam tabulek

Tabulka 1: Obvyklé hodnoty adice [26].....	17
Tabulka 2: Velikosti čtecích vzdáleností vyšetřovaných mužů a žen.....	34
Tabulka 3: Tabulka porovnání hodnot adice na čtecí vzdálenost 33 cm.....	36
Tabulka 4: Tabulka porovnání hodnot adice na čtecí vzdálenost 40 cm.....	37
Tabulka 5: Porovnání výsledků analýzy hypotéz.....	38

Příloha A: Tabulka s naměřenými hodnotami

	POHLAVÍ	VĚK	ČTECÍ VZD. (cm)	ADICE (D)
1.	muž	44	32	1,00
2.	žena	59	40	2,50
3.	žena	53	33	2,00
4.	žena	69	39	2,00
5.	muž	55	43	2,25
6.	žena	48	40	1,75
7.	žena	49	33	1,75
8.	žena	64	42	2,50
9.	žena	44	42	1,00
10.	žena	69	31	2,25
11.	muž	64	33	2,50
12.	žena	40	33	0,50
13.	žena	63	33	2,00
14.	muž	55	33	2,00
15.	žena	50	42	2,00
16.	žena	65	38	2,50
17.	muž	68	35	2,25
18.	žena	55	40	1,75
19.	muž	54	47	2,00
20.	muž	66	42	2,00
21.	muž	48	42	1,75
22.	žena	41	35	1,50
23.	muž	54	40	2,00
24.	muž	62	33	2,25
25.	muž	77	40	2,50
26.	žena	46	37	1,25
27.	žena	47	38	1,25
28.	žena	41	32	0,50
29.	žena	74	37	2,25
30.	žena	58	33	2,25
31.	muž	67	40	2,25
32.	žena	48	37	2,00
33.	muž	70	44	2,25
34.	žena	42	33	0,50
35.	muž	47	40	1,25
36.	muž	47	39	1,25
37.	žena	46	38	1,25
38.	žena	45	40	1,25
39.	žena	59	46	2,25
40.	muž	59	40	2,25
41.	žena	48	38	1,50
42.	žena	45	33	1,00

43.	muž	69	40	2,25
44.	žena	60	34	2,25
45.	žena	53	34	2,25
46.	žena	51	40	1,75
47.	muž	50	37	1,50
48.	muž	45	38	1,25
49.	žena	49	48	1,50
50.	muž	44	35	1,00
51.	žena	64	31	2,50
52.	muž	44	33	0,75
53.	žena	64	34	2,75
54.	muž	67	40	2,50
55.	žena	60	40	2,25
56.	žena	54	33	2,00
57.	muž	66	43	2,25
58.	žena	51	33	2,00
59.	žena	52	43	2,00
60.	žena	64	36	2,25
61.	žena	69	38	2,50
62.	muž	69	37	2,50
63.	muž	44	45	0,75
64.	muž	64	39	2,00
65.	žena	63	31	2,00
66.	muž	74	38	2,50
67.	muž	64	33	2,50
68.	muž	54	40	1,50
69.	žena	49	33	1,50
70.	muž	50	42	1,75