

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKLÁŘSKÁ
PRÁCE**

2020

**LUCIE
PILZOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Spasmus akomodace u myopických pacientů

Spasm of accommodation in myopic patients

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Lucie Pilzová

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jakub Král

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Zdeňka Vaňharová

Kladno 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pilzová** Jméno: **Lucie** Osobní číslo: **419086**
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:

Spasmus akomodace u myopických pacientů

Název bakalářské práce anglicky:

Spasm of accommodation in myopic patients

Pokyny pro vypracování:

Student zpracuje problematiku akomodace a akomodačních anomálií. V úvodní části popíše jednotlivé složky akomodace a vznik presbyopie. Zaměří se na problematiku očních spasmů myopických pacientů, kteří nosí dlouhodobě překorigovanou korekci na dálku. Zaměří se na uvolňovací techniky a zjištění těchto anomálií. V praktické části bude studentka analyzovat ze zdravotní dokumentace refrakčního centra Gemini souvislost spasmu akomodace s vnitřními faktory (např. výše vady, věk, onemocnění atd.)

Seznam doporučené literatury:

- [1] PEINADO, G.A., MERINO SANZ, P., DEL CERRO PÉREZ, I., GÓMEZ DE LIAÑO SÁNCHEZ, P., Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review, Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, ročník 94, číslo 6, 2019, 285-287 s., DOI: 10.1016/j.oftale.2019.01.008
- [2] ELLIOTT, D., Clinical procedures in primary eye care, ed. 5th, Philadelphia: Elsevier, 2020, ISBN 9780702077890
- [3] KUCHYNKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Jakub Král

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Mgr. Zdeňka Vaňharová

Datum zadání bakalářské práce: **10.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Spasmus akomodace u myopických pacientů

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá problematikou akomodace oka. Na začátku práce je popsána anatomie a fyziologie struktur částí oka podílejících se na akomodaci. Dále je popsán mechanismus, teorie akomodace a její klasifikace. Popsány základní pojmy týkající se akomodace, jako je daleký a blízký bod a akomodační šíře. Část práce je věnována faktorům ovlivňujícím průběh akomodace, akomodačním poruchám a jejich řešení. Další část práce se věnuje popisu myopie a presbyopie. V praktické části je práce věnována statistickému zpracování shromážděných dat z vyšetřených refrakcí na oční klinice Gemini. Hodnotila se možnost výskytu akomodačního spasmu u dlouhodobě překorigovaných myopických pacientů a možná souvislost s vnitřními faktory. Také se porovnávaly hodnoty naměřené refrakce před a po aplikaci cykloplegik nebo mydriatik a jejich účinky. Mezi jejich účinkem nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Klíčová slova:

Akomodace, spasmus akomodace, myopie, akomodační poruchy, presbyopie

Bachelor's Thesis title: Spasm of accommodation in myopic patients.

Abstract:

The bachelor's thesis deals with the issue of accommodation of the eye. At the beginning of the work, the anatomy and physiology of the structures of the parts of the eye involved in accommodation are described. The mechanism, the theory of accommodation and its classification are also described. Basic concepts related to accommodation are described, such as far and near point and accommodation width. Part of the work is devoted to factors influencing the course of accommodation, accommodation disorders and their solutions. The next part of the work is devoted to the description of myopia and presbyopia. In the practical part, the work is devoted to statistical reporting of collected data from examined refractions at the Gemini eye clinic. The possibility of accommodation spasm in long-term overcorrected myopic patients and the possible connection with internal factors were evaluated. The values of the measured refraction before and after the application of cycloplegics or mydriatics and their effects were also compared. No statistically significant difference was found between their effects.

Key words:

Accommodation, spasm of accommodation, myopia, accommodation disorders, presbyopia

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Mgr. Jakubu Královi za vstřícnost, odborné rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce. Dále paní Mgr. Zdeňce Vaňharové za pomoc s praktickou částí bakalářské práce a cenné rady.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Spasmus akomodace u myopických pacientů*“ 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.

V Kladně dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod	1
2	Anatomie a fyziologie částí oka podílejících se na akomodaci	2
2.1	Oční čočka	2
2.2	Závěsný aparát čočky	4
2.3	Řasnaté těleso	4
3	Akomodace	5
3.1	Teorie a klasifikace akomodace	7
3.1.1	Proximální akomodace	8
3.1.2	Tónická akomodace	9
3.1.3	Reflexní akomodace	9
3.1.4	Vergenční akomodace	9
3.2	Základní pojmy	9
3.2.1	Daleký bod	10
3.2.2	Blízký bod	11
3.2.3	Akomodační šíře/Akomodační amplituda	11
3.3	Faktory ovlivňující akomodaci	13
3.3.1	Hloubka ostrosti oka	13
3.3.2	Věk	14
3.3.3	Axiální refrakce	14
3.3.4	Akomodační deficit a vzdálenosti objektu	14
3.3.5	Akomodační mikroodchylky	15
3.3.6	Léky	15
3.3.7	Chromatická aberace	15
3.3.8	Mandlovníkový efekt	15
4	Akomodační poruchy	16
4.1	Akomodační spasmus	16
4.2	Akomodační exces	17
4.3	Akomodační insuficience	17
4.4	Akomodační obrna	17
4.5	Presbyopie	18
4.6	Možnosti řešení akomodačních poruch	21
4.6.1	Korekce refrakční vady	21

4.6.2	Zrakový trénink	21
4.6.3	Presbyopická korekce	21
4.6.4	Operace	21
5	Myopie.....	22
5.1	Klasifikace myopie	22
5.1.1	Druhy myopií.....	23
5.2	Klinické příznaky.....	23
5.3	Korekce	24
6	Experimentální část	25
6.1	Úvod do experimentální části	25
6.2	Metodika	26
6.3	Vybavení použité pro měření refrakce a postup	28
7	Dosažené výsledky	31
7.1	Zaznamenané parametry	31
7.2	Vyhodnocení výsledků	33
8	Diskuse	38
9	Závěr.....	40
	Seznam použité literatury	41
	Seznam symbolů a zkratek	44
	Seznam obrázků.....	45
	Seznam tabulek.....	46

1 Úvod

Lidský orgán zajišťující nám snadnější orientaci v prostoru je oko. Je to párový orgán. Díky dokonalé spolupráci obou očí dochází k jednoduchému binokulárnímu vidění. Ze všech pojmů, které binokulární vidění charakterizují, je pro nás nejdůležitější pojem akomodace. Ta může být narušena různými dysfunkcemi mezi které patří například insuficience akomodace, exces akomodace, spasmus akomodace a další.

Tato práce bude pojednávat o spasmu akomodace se zaměřením na klienty s myopií a presbyopií. Spasmus akomodace neboli akomodační křeč, může být způsobena delším soustředěním se na blízkou vzdálenost, kdy při změně pohledových vzdáleností dochází k problému s přeostrněním. Tento jev však nebývá tak častý. Častějším jevem jsou malé mikrospazmy, které se projevují nejvíce u klientů dlouho a často pracujících na počítači. Častým důvodem spasmu akomodace také bývají neurologické problémy nebo úrazy hlavy.

U mladých lidí se stále více setkávám s tím, že už v před presbyopickým věku mají problém s viděním na blízkou, nebo střední vzdálenost. Tento fakt mě motivoval k sepsání práce na téma akomodace a akomodační spasmus u myopických pacientů. Myopie je stále častější refrakční vadou hlavně u mladé populace. Vyšší nárůst myopických pacientů je sledován v Asii, Číně, či Japonsku. Jedním z faktorů, kterým je to způsobeno, je čím dál tím častější práce na blízkou a střední vzdálenost. To zahrnuje práci u počítače, tabletu, mobilních telefonů a dalších elektronických i neelektronických zařízení.

Toto téma je mi velmi blízké, neboť se s tímto problémem sama potýkám. Přistoupila jsem na variantu brýlových čoček s mírnou adicí na pracovní vzdálenost. Je to snadné řešení, ale určitě ne ideální. Motivací k výběru tohoto tématu mi také byla možnost spolupráce s oční klinikou Gemini a možnost strávit na této klinice nějaký čas. Podívat se, jak probíhá práce a denní chod takového zařízení.

Cílem práce je analýza dat získaných z refrakčního centra Gemini. Zhodnocení rozdílů v naměřených korekcích v mydriáze a cykloplegii, při kterých dochází k uvolnění tonu ciliárního svalu. Z náhodně vybraného vzorku probandů zjistit počet dlouhodobě překorigovaných a zda se u nich v budoucnu s ohledem na jejich zaměstnání a dalších související faktory dá předpokládat možný vznik akomodačních mikrospazmů. V práci bych chtěla také dokázat, co tento problém pravděpodobně způsobuje nejčastěji nebo co by ho mohlo vyvolávat. A zároveň najít ideální řešení této situace, která určitě není příjemná pro velkou část mladé i starší populace.

2 Anatomie a fyziologie částí oka podílejících se na akomodaci.

Oko patří k orgánům s nejsložitější stavbou. Vznik oka je možný pouze sérií opakovaných indukcí, kdy každý nově vytvořený útvar podmiňuje formování dalších struktur. Na formování základních částí oka se podílí neuroektoderm, tělový ektoderm a mezoderm. Lidské oko má kulovitý tvar, jeho vnější stěna je tvořena pevnou vazivovou vrstvou. Při akomodaci dochází ke zúžení zornice, konvergenci bulbů a vlastní akomodaci. Tento proces se nazývá akomodační reflex a má latenci 0,37 sekundy. Akomodace je zprostředkována parasymptickou inervací v Edingerově-Westphalově jádru v mozku. [1, 2, 28]

2.1 Oční čočka

Čočka je transparentní, avaskulární tkáň a má bikonvexní tvar. Je připojena pomocí závěsného aparátu. K povrchu corpus ciliare. Vlákénka závěsného aparátu ční od bazální laminy a uchycují se na pouzdro u okraje čočky, rovněž i na přední a zadní okraje čočky. Čočka má vyšší index lomu než rohovka. Její lámavost uvnitř oka je tedy nižší, protože je obklopena nitrooční tekutinou a rozdíl indexů lomu je tak nižší, než na rozhraní rohovky a vzduchu. Její optická mohutnost je 15-20D, což je třetina z celkové optické mohutnosti oka, která činí šedesát dioptrií.

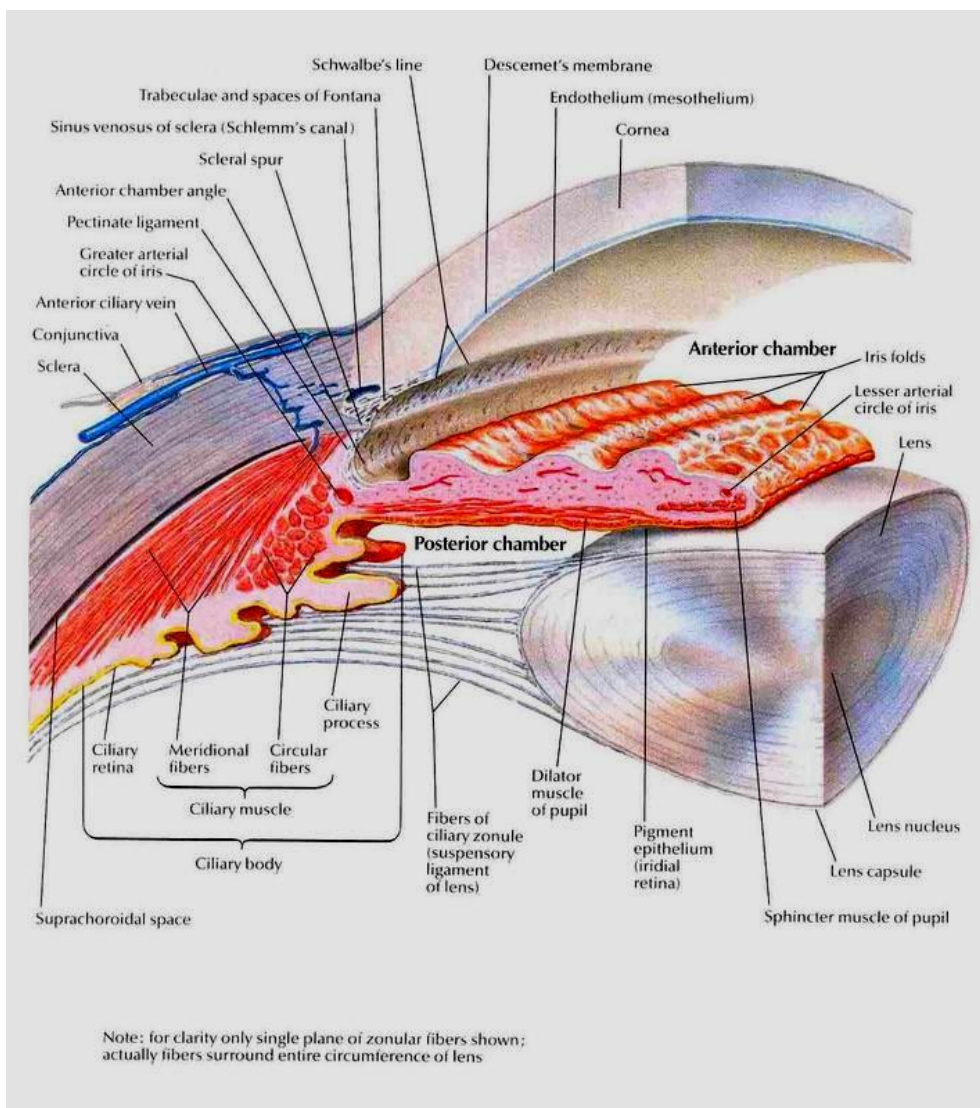
Má tři základní funkce. Udržet si svou vlastní transparentnost, refrakci a akomodaci. Skládá se z epitelu, pouzdra, kortexu a jádra. [1, 3, 4, 5]

U novorozenců je čočka avaskulární, není inervovaná a její metabolismus je závislý na komorové vodě. Je uložena mezi pigmentovým listem duhovky a přední sklivcovou membránou. Zavěšena je na závěsném aparátu, kterým je připojena k řasnatému tělísku. [3]

K vývoji oční čočky dochází již v prvním měsíci vývoje embrya. Optické váčky jako výchlípky sousedí s povrchovým ektodermem. Ve 27. dni se začínají jeho buňky zvětšovat, vytváří čočkovou ploténku. Kolem 29. dne se tvoří čočkový pohárek jako malá výchlípka. Postupně se pak do 33. dne vytvoří čočkový váček. 40. den je ukončeno uzavření jeho lumina protáhlými buňkami-primárními čočkovými vlákny. Buňky zformovaného čočkového epitelu z oblasti ekvátoru se rozrůžňují v sekundární čočková vlákna. Vytváří se tak fetální čočkové jádro. Jejich další předozadní růst formuje švy tvaru „Y“. Podpurná tkáň vně jádra čočky se nazývá tunica vasculosa lentis. Je napojena svou zadní vaskulární kapsulou na hyaloidní arterii u zadního pólu čočky a přední vaskulární kapsulou, která kryje přední plochu čočky. Po porodu se ztrácí. Na konci 3. měsíce intrauterinního života se začínají diferencovat vlákna zonulárního

aparátu. V pozdějším věku, asi kolem 65 let, dochází k určitému stupni zakalení čočky. Toto je prokazatelné až u 50 % obyvatel. Nad 75 let je pak šedým zákalem postiženo až 70 % obyvatel. Prostor za čočkou je vyplněn sklivcem, což je huspeninová konzistence mezibuněčné hmoty. Je dána vysokým obsahem kyseliny hyaluronové. [1, 5]

Přední část živnatky je přeměněna v řasnaté tělísko oka a duhovku. Na podélném řezu okem se živnatka v oblasti řasnatého tělíska rozšiřuje a získá tvar trojúhelníku. To je podmíněno přítomností hladkého svalu m. ciliaris. Kontrakce musculus ciliaris nám způsobuje vyklenutí oční čočky a tím jí umožní akomodaci na blízkou vzdálenost. Musculus ciliaris je inervován parasympatickými vlákny n. oculomotorius z Edinger-Westphalova jádra. Povrch řasnatého tělíska kryje slepá část sítnice, která je tvořena dvěma vrstvami buněk. Zevní vrstva je přilehlá k řasnatému tělesu a je pigmentovaná, zatím co vnitřní vrstva je bez pigmentu. Zadní část povrchu řasnatého tělesa je plochá, ale v přední části se nachází řasnaté výběžky, podle nichž nese řasnaté těleso svůj název. [1, 5]



Obrázek 2.1: Anatomie předního segmentu oka [6]

2.2 Závěsný aparát čočky

Závěsný aparát čočky je tvořen zonulárními vlákny, které se diferencují na konci 3 měsíce dítěte. Upínají se na čočku a udržují ji ve správné poloze, tj. v optické ose. Skrz závěsný aparát se přenáší napětí z vláken řasnatého tělesa až na čočku, a to způsobuje její vyklenutí. Podílí se na akomodaci. [1, 3, 4]

2.3 Řasnaté těleso

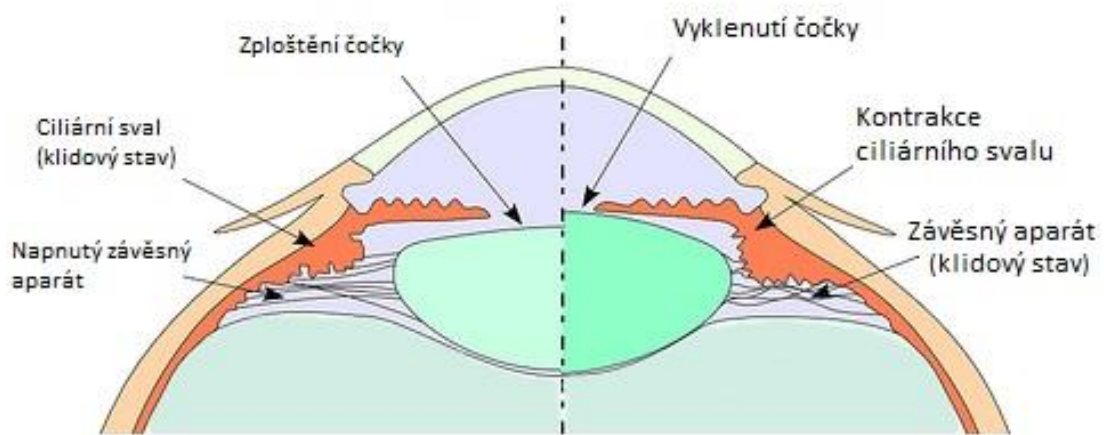
Řasnaté těleso (corpus ciliare) má tvar mezikruží a jeho poloha je ventrálně od ekvátoru. Je to systém jemných vazivových vláken (fibrae zonulares). Uvnitř se nachází vazivové stroma a hladká svalovina (m.ciliaris). Povrch je pokryt sítnicí, která na tomto místě neobsahuje světločivé elementy (pars caeca retinae). Sítnice je v těchto místech výrazně pigmentovaná a produkuje komorovou tekutinu ultrafiltrací z cévních pletení, která zajišťuje udržování nitroočního tlaku. Při smrštění ciliárního svalu se čočka vyklene, dojde ke změně jejího tvaru a optické mohutnosti (akomodaci). [1, 3, 4]

3 Akomodace

Akomodace je základním aktivním procesem v optické soustavě oka. Dochází při ní ke změnám parametrů oční čočky. Čočka mění svůj tvar, pozici a rozložení indexu lomu. Tím dojde ke změnám optických vlastností oka a oko má možnost ostřit na různě vzdálené předměty. Toto dokázal už v roce 1619 jezuitský kněz Scheiner. Oko tedy dle jeho teorie dodržuje zákony optiky. Jeho experiment se dá demonstrovat pomocí dvou dírek umístěných vertikálně na kartě. Dírky jsou od sebe vzdáleny méně, než je průměr zornice. Pozorovatel se dívá současně skrz dírky a zaostřuje na jehlu, kterou si přidržuje kolmo k postavení dírek. Jehla se jeví jako jednoduchý obraz. V případě, že pozorovatel zaostří na více nebo méně vzdálený předmět, tak se obraz jehly rozdvojí. V roce 1611 si Kepler a mnoho dalších vědců myslelo, že se čočka v oku pohybuje dopředu a dozadu a tím oko akomoduje. Dalším z návrhů pak například bylo, že se mění tvar rohovky. To navrhl v roce 1742 Lobe. Později však pan Young demonstroval že se na afakickém oku akomodace nevyskytuje. Zjistil, že změnou pozice nebo zakřivení oční čočky dochází k akomodaci. Došel však k závěru, a byl o tom přesvědčen, že akomodace nemůže nastat důsledkem posunu oční čočky dopředu nebo dozadu. Za takových okolností by se čočka dle jeho výpočtů musela posunout o deset milimetrů. Pak by teprve bylo možné, aby se vytvořila amplituda o dané výši, což je anatomicky nemožné. [1, 3, 4, 29]

Akomodace je závislá na refrakci a její oblast je vymezena intervalem vzdálenosti, ve kterém je oko schopno vidět ostře na určité body. Tento interval je ohraničen dalekým a blízkým bodem, což jsou body, na které je člověk ještě schopen vidět ostře. V případě nekorigovaného myopa hrozí postupná atrofie akomodačního aparátu, která může být způsobena nedostatečnou akomodací na dálku a na blízko. U hypermetropů dochází k přesnému opaku. Hypermetrop nadměrně akomoduje do dálky, a ještě více do blízké vzdálenosti. Při jeho podkorigování, nebo nedokorigování může dojít ke spasmu akomodace. [7, 8, 9, 10]

Proces akomodace je ovlivněn napětím m. ciliaris. Dojde ke kontrakci tohoto svalu a zároveň k povolení závěsného aparátu čočky. Ta se posouvá mírně vpřed zároveň s corpus ciliare. V případě, že dojde k uvolnění tahu závěsného aparátu, čočka zareaguje tak, že se uvolní a vyklene. Tím zvýší svoji optickou mohutnost a oko začne ostřit na blízký předmět. Opakem tohoto procesu. Tedy v případě, že dojde k uvolnění m.ciliaris, dochází díky pružnosti cévnatky k posunutí corpus ciliare do zadní části. Závěsný aparát se napíná, čočka se oploští a dojde k zaostření na daleký předmět. Tento proces není náročný na únavu očí, neboť m. ciliaris není v kontrakci a je uvolněný (obr.3.1). [1, 3, 4]



AKOMODACE ZDRAVÉHO OKA

Obrázek 3.1: Jednoduchý nákres průběhu akomodace [11]

Čočka s postupujícím věkem člověka ztrácí svou elasticitu a tím klesá její schopnost měnit svou optickou mohutnost. Tento proces ztráty elasticity se nazývá presbyopie nebo také vetchozrakost. Kolem 70. roku života člověka se akomodace rovná nule. Postupná ztráta akomodace je přirozeným fyziologickým procesem. Akomodace je doprovázena dvěma souhlasnými pohyby, miózou a konvergencí. Mióza je zúžení zornice. Dochází k ní například při vysokém oslnění světlem. Tím, že se zornice zúží, dojde k omezení velikosti kuželu dopadajících paprsků do oka. Eliminují se tím aberace optického systému a vytvoří se kvalitnější podmínky, za kterých vzniká ostrý sítnicový obraz. Ke konvergenci dochází při pohledu do blízka a zajišťuje, aby pozorované předměty byly na foveolární oblast zobrazovány binokulárně. [7, 8, 12]

3.1 Teorie a klasifikace akomodace

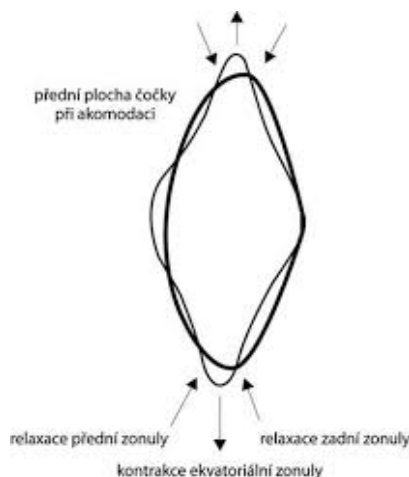
Existují dvě nejznámější teorie akomodace. Jednou z nich je Helmholtzova teorie (obr. 3.2), jinak také kapsulární. Je pojmenovaná podle Hermanna von Helmholtze (1821-1894). Helmholtz byl všestranným vědcem přírodních věd. Zabýval se termodynamikou, optikou, fyziologií, oftalmologií, astronomií a dalšími obory. Zaobíral se experimentálním studiem zrakového a sluchového vnímání. Vymyslel a později sestrojil oftalmoskop, který použil k prvnímu zkoumání vnitřní struktury oka. Dalším přístrojem, který sestavil byl oftalmometr, dnešní keratometr. Pomocí oftalmometru potvrdil Descartovo tvrzení, že při akomodaci dochází ke změně zakřivení oční čočky a navrhl svou teorii. Všiml si, že se centrální část oční čočky během průběhu akomodace anterioposteriorně zvětšuje do šířky. Tedy, když se ciliární sval stahuje, povolí tím napětí zonulárních vláken mezi ciliárním svaem a ekvátorem oční čočky. Díky tomu, že je pouzdro elastické, tak se čočka vyklene a tím dojde ke zvýšení její dioptrické síly. Proces akomodace tedy spočívá v kontrakci, tím dojde ke zmenšení ciliárního svalu a k uvolnění závěsného aparátu. Když akomodace ustane, uvolní se ciliární sval, relaxuje a navrátí se do své původní velikosti. Napětí v zonulárních vláknech se opět zvýší, a tím čočku tvarují zpět do jejího původního stavu. Původní tvar čočky je relativně plochý. Ekvatoriální část čočky se tedy pohybovala směrem od skléry a zase zpět, při ustání akomodace. Tato teorie však nevysvětlovala vyklenutí pouze přední plochy čočky, které bylo prokázáno později. [3, 7, 29]



Obrázek 3.2: Ukázka principu Helmholtzovy teorie akomodace [3]

Druhou je teorie podle Schachara a Tscherninga. Navrhli mechanismus akomodace založený na jiném upnutí ciliárních vláken. V ekvatoriální části zonuly se upínají do nejpřednější části ciliárního svalu. Zadní část a přední část zonuly se upíná do zadní části ciliárního svalu. Během kontrakce se přední část ciliárního svalu svažuje směrem ke sklěře

a kořeni duhovky. Pohyb řasnatého tělíska napíná ekvatoriální zonulu a přitom se uvolňuje zadní a přední. Dochází k oploštění dolní i horní části čočky a vyklenutí jejího středu. Tscherning zahrnoval do mechanismu akomodace i sklivce. Ten vytváří tlak na zadní plochu čočky a tím přispívá průběhu procesu akomodace. [3, 7, 13]



Obrázek 3.3: Ukázka principu teorie akomodace podle Schachara a Tscherninga [3]

Základním rozdílem, mezi oběma teoriemi je v tom, že v průběhu akomodace Schacharův model předpokládá spolupráci mezi závěsným aparátem a ciliárním svalem. Předpokládá, že se přiblíží ekvátor čočky ke sklěře. Teorie Helmholtzova však spoléhá na pasivní uvolnění zonuly a oproti Schacharové předpokládá vzdálení ekvátoru čočky od skléry. [3]

Další z mnoha známých teorií akomodace jsou Colemanova a Goldbergova teorie akomodace. Colemanova teorie se domnívá, že k akomodaci dochází na základě tlakových změn mezi přední komorou a sklivcem. Tato změna je vyvolána kontrakcí ciliárního svalu, kdy dojde ke zvýšení tlaku ve sklivcovém prostoru a v přední komoře k jeho snížení. Sklivce tak působí na zadní čočkové pouzdro a dospěje se k následnému vyklenutí a změně v optické mohutnosti čočky. Goldbergova teorie patří k nejnovějším. Představil ji v roce 2011 na počítačové animaci. Při kontrakci ciliárního tělesa, přenesou zadní zonulární vlákna tlak na sklivcovou membránu, a tak dojde k přeměně zakřivení oční čočky. [3, 7, 14]

3.1.1 Proximální akomodace

Proximální akomodace je složka akomodace, která je aktivovaná v případě, že pozorujeme předmět ve vzdálenosti jednoho metru. Je vyvolaná naším vědomím a informuje nás o vzdálenosti daného předmětu. Je vyvolávána percepčními stimuly, tudíž nemá samostatnou zpětnou vazbu, která je založená na základě retinálních obrazů. Způsobuje

přístrojovou myopii, která je komplikací u objektivního měření refrakčních vad, např. u vyšetření na autorefraktometru. Z celkové akomodace je pouze malou složkou. Důvodem je, že za normálních binokulárních podmínek je dominující vizuální zpětná vazba disparitně vergenčního a akomodačního systému. [7, 15]

3.1.2 Tónická akomodace

Je to stále aktivní složka akomodace, bez potřeby stimulů. Zastupuje klidovou část procesu akomodace, kdy nedochází k žádnému stimulu blízkým či dalekým subjektem. Nabývá pouze nízkých dioptrických hodnot a bývá jednou z příčin noční myopie. V mladém věku se její hodnoty blíží 1 Dpt. Mění se s věkem a její rozsah je 0-2 Dpt. Za předpokladu, že je nepřítomna proximální část akomodace a dochází k degradaci sítnicového obrazu za monokulárních podmínek, tak nám tónická složka akomodace tvoří její celkovou hodnotu. [7, 16]

3.1.3 Reflexní akomodace

Reflexní akomodace je největší a nejvýznamnější složkou akomodace. Je to reakce optického aparátu na neostrý obraz a je přítomna u binokulárního i monokulárního vidění. Není ovlivnitelná vůlí. Jejím hlavním záměrem je udržení ostrého obrazu na sítnici pomocí automatické modifikace refrakčního stavu v případě, že dojde k rozostření vstupních informací. Rozostření můžeme odhalit díky tomu, že dochází k malým očním pohybům. Nazývaným také jinak mikrokaskády. [7, 9]

3.1.4 Vergenční akomodace

Cílem této složky akomodace je zachovat optické, geometrické a fúzní podmínky pro udržení ostrého obrazu předmětu, který se k oku přibližuje. Je to složka akomodačně-vergenční synkinézy. Jednodušeji akomodace navozená konvergencí. Při konvergenci dochází ke sbíhavým pohybům obou očí. Ke konvergenci nejčastěji dochází při pohledu na předměty nacházející se v blízké vzdálenosti před okem. Pro vyhodnocení akomodačně-vergenční synkinézy využíváme AC/A poměr. Je to poměr akomodační konvergence k akomodaci. [7, 8, 17, 18,]

3.2 Základní pojmy

K tomu, aby byla úspěšně naměřena akomodační šíře, je potřeba znát následující parametry. Těmi jsou daleký a blízký bod. Další možností, jak změřit akomodační amplitudu,

je test blízkého bodu akomodace, metoda „push up“, „push out (pull away)“ a „minus lens to blur“.

3.2.1 Daleký bod

Daleký bod (Punctum remotum) je bod na optické ose oka, který se zobrazí na sítnici ostře při minimální-nulové uvolněné akomodaci. Nejčastěji se používá ke značení písmeno R nebo A_R . U emetropického oka se tento bod nachází v nekonečnu. Emetropické oko fokusuje světelné paprsky přicházející z nekonečna rovnoběžně s optickou osou. Paprsky dopadají na sítnici do fovey. Emetropické oko je oko, které není zatíženo žádnou refrakční vadou. U hypermetropického oka dopadají paprsky za sítnici, jeho daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti za okem. U myopického oka dopadají paprsky před sítnici a daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti před okem. U ametropického oka měříme vzdálenost dalekého bodu od hlavního předmětového bodu oka a vyjadřuje se hodnotouvergence jeho vzdálenosti v dioptriích [Dpt] A_R . Refrakční stav nám udává hodnotu v dioptriích, která chybí optickému systému k tomu, aby bylo oko emetropické. [3, 8, 19, 20, 21]

Vzorec pro výpočet polohy dalekého bodu při různých refrakčních stavech oka.

- a) Emetropické oko – daleký bod se nachází v nekonečnu.

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

- b) Myopické oko – daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti před okem, jeho vzdálenost dosazujeme se znaménkem - (minus) a_R [m].

$$A_R = \frac{1}{-a_R} = -x [Dpt] \quad (2)$$

- c) Hypermetropické oko – daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti za okem, jeho vzdálenost dosazujeme se znaménkem + (plus) a_R [m].

$$A_R = \frac{1}{+a_R} = +x [Dpt] \quad (3)$$

[19]

3.2.2 Blízky bod

Blízky bod (Punctum proximum) je bod na optické ose oka, který se zobrazí na sítnici ostře při maximální akomodaci. Stav, kdy je čočka nejvíce vyklenutá a má tedy svoji největší možnou optickou mohutnost, je označován písmenem P. S přibývajícím věkem čočka ztrácí svoji elasticitu a ztrácí tedy i schopnost maximálního vyklenutí. Blízky bod se vzdaluje od oka, přesouvá se do větší vzdálenosti, než je konvenční zraková vzdálenost (25 cm). Po 40. roku člověka se blízký bod posunuje za hranici 20 centimetrů, akomodační šíře klesá pod 5 dioptrií a oko není schopno zaostřit na blízké předměty. Tomuto stavu říkáme presbyopie. Nastává přibližně okolo 45. roku života. [3, 5, 19, 21]

Vzorec pro výpočet blízkého bodu.

$$A_p = \frac{1}{\pm a_p} = x \text{ [Dpt]} \quad (4)$$

Vzdálenost blízkého bodu značíme a_p [m]. Znaménkem plus označujeme blízký bod nacházejícím se za okem, znaménkem mínus označujeme blízký bod, který se nachází před okem. [19]

3.2.3 Akomodační šíře/Akomodační amplituda

Akomodační šíři vyjadřujeme v dioptriích. Odpovídá maximální hodnotě, které může akomodace dosáhnout a závisí na vergenci dalekého bodu a vergenci blízkého bodu oka. Akomodační šíře je rozdíl mezi statickou a dynamickou refrakcí. Statická refrakce je lomivost oka při nulové akomodaci. Dynamická refrakce je lomivost oka s maximální akomodací, s přírůstkem optické mohutnosti oční čočky vyvolanou akomodací. S rostoucím věkem se zmenšuje v důsledku změn jednotlivých částí oka, především oční čočky. Značíme jí zkratkou A_s nebo AA a vyjadřujeme ji v dioptriích. Nejvyšších hodnot dosahuje v dětství (až 15 D), s rostoucím věkem se snižuje. Na hodnotu akomodační šíře (amplitudy) může mít vliv i refrakční vada. U nižší hypermetropie a emetropie se ukazují vyšší hodnoty než u myopie a silné hypermetropie. [3, 5, 7, 8, 19]

Vzorec pro výpočet akomodační šíře.

$$A_s = A_R - A_p = x \text{ [Dpt]} \quad (5)$$

A_s – akomodační šíře [Dpt]

A_R – daleký bod [Dpt]

A_p – blízký bod [Dpt]

Nebo lze vypočítat jako.

$$AA = \frac{1}{a_R} - \frac{1}{a_P} = x \text{ [Dpt]} \quad (6)$$

AA – akomodační amplituda [Dpt]

a_R – vzdálenost dalekého bodu [m]

a_P – vzdálenost blízkého bodu [m]

3.2.3.1 Test blízkého bodu akomodace-NPA

Test blízkého bodu akomodace provádíme binokulárně i monokulárně. Klient je vyzván, aby sledoval optotyp na blízko s nejmenším písmem, které je ještě schopen vidět ostře. Požádáme ho, aby optotyp do blízka pomalu posouval směrem k oku. Poprosíme ho, aby nás informoval i o malé změně v ostrosti. Až nám řekne, že se obraz rozostřil, tak optotyp začneme zase oddalovat, aby obraz viděl opět ostře. Střed, mezi těmito vzdálenostmi, se nazývá blízký bod akomodace. Pravítkem změříme vzdálenost blízkého bodu. Měříme od okraje lícni kosti po vzdálenost, kde došlo k rozostření obrazu. Převrácená hodnota blízkého bodu v metrech nám udává akomodační amplitudu. [22, 23]

Minimální hodnotu a očekávanou hodnotu akomodační amplitudy pro daný věk můžeme také vypočítat pomocí Hofstetterových vzorců. (7) a (8), nebo můžeme použít tabulku s předpokládanými hodnotami. [22]

Tabulka 1: Tabulka předpokládaných hodnot akomodační amplitudy v závislosti na věku [22]

Věk	AA (dpt)	NPA (cm)
4	14	7
6	13,5	7,5
8	13	7,75
10	12,5	8
12	12	8,25
14	11,5	8,75
20	10	10
30	7,5	13,25
40	5	20
50	2,5	40

3.2.3.2 Metoda „push up“

Test metodou „push up“ provádíme monokulárně i binokulárně s optimální brýlovou korekcí do dálky. Metoda se používá spíše u dobře spolupracujících klientů. Vyšetřovaný drží testovou tabulku s textem v ruce a pozoruje nejmenší možné písmeno. Začínáme měřit obvykle na vzdálenost 50 cm. Klient si pomalu přibližuje optotyp na blízko směrem k sobě, dokud se pozorovaný obraz nerozmaže. Vyšetřující pravítkem měří vzdálenost od okraje lící kosti po místo, kde se klientovi rozmazal pozorovaný obraz a zaznamená si ji. Převrácená hodnota této vzdálenosti v metrech je akomodační amplituda (AA). [13, 15]

3.2.3.3 Metoda „push out (pull away)“

Metoda vyšetření „push out (pull away)“ funguje na podobném principu jako metoda „push up“. Metoda spočívá v postupném uvolňování akomodace, což může být pro některé klienty příjemnější. Využívá se v případě, kdy vyšetřovaný není přesně schopen určit bod rozostření.

Vyšetřovaný si předloží optotyp do blízka do těsné vzdálenosti před obličej. Následně pomalu oddaluje optotyp směrem od oka, dokud pozorovaný obraz neuvidí ostře. Převrácená hodnota naměřené vzdálenosti v metrech je akomodační amplituda (AA). [13]

3.2.3.4 Metoda „minus lens to blur“ (metoda rozptylky)

Metoda „minus lens to blur“ je používána za binokulárních podmínek, aby nebyl nezatěžován vergenční systém. U této metody se postupně předsazují mínusové brýlové čočky před oko po -0,25 Dpt až do okamžiku, kdy dojde k zamlžení vidění.

Vyšetřovaný musí mít nejdříve plně vykorigovanou korekci do dálky a poté s vlastní korekcí pozoruje čtecí optotyp ve vzdálenosti 40 cm. Převrácenou hodnotu čtecí vzdálenosti v metrech je nutné přičíst k poslední přidané rozptylce, tím zjistíme hodnotu akomodační amplitudy (AA). [13]

3.3 Faktory ovlivňující akomodaci

Kvalitu akomodace ovlivňuje množství faktorů. Jsou jimi hloubka ostrosti, věk, axiální refrakce, akomodační deficit, vzdálenost objektu, akomodační mikro odchylky a další. Tato kapitola popisuje nejčastější vlivy na akomodaci. [17]

3.3.1 Hloubka ostrosti oka

Jde o subjektivní vnímání ostrosti daného jedince na posun předmětu v prostoru. Objekt je sdružený na sítnici za předpokladu akomodačního úsilí, které je konstantní. Čím je menší

průměr pupily, tím je větší hloubka ostrosti. S postupujícím věkem se průměr pupily zmenšuje a oko ztrácí akomodační schopnosti. Nastupuje presbyopie. Část pozbývajících akomodačních schopností může být vyrovnána hloubkou ostrosti. [17]

Hloubka ostrosti je měřitelná. Ovlivňuje ji subjektivní vnímání vyšetřovaného klienta. Vyšetřovaný dokáže identifikovat znaky na základě vlastních zkušeností s textem, nebo obrázkem. Může tedy dojít k vyšším hodnotám hloubky ostrosti i v případě, že obraz není úplně ostrý. Výsledky měření mohou být přesnější, když by se klient zaměřil více na neostrosti v čteném textu a porozumění mu. [17]

3.3.2 Věk

Věk člověka ovlivňuje akomodaci v největší míře. Vlivem růstu čočky ubývá akomodační schopnost oka. Proces růstu oční čočky začíná v dětství a kolem 40. roku života nastupuje stav presbyopie. Charakterizuje se vzdalováním blízkého bodu směrem od oka. Tuto vadu je možné korigovat přidavkem do blízka tzv. adicí. Jedná se o předsazování spojných čoček před správně vykorigované dioptrie do dálky. Hodnota adice, a tedy i presbyopie se s dále rostoucím věkem zvyšuje. Kolem 70. roku je téměř nulová. [17]

3.3.3 Axiální refrakce

Axiální refrakce nám stejně jako věk zásadně ovlivňuje akomodaci. V případě nekorigované myopie může nastat postupná atrofie akomodačního aparátu, akomodační úsilí do blízka není tak nutné jako do dálky. U hypermetropie oko akomoduje jak na dálku, tak i na blízko, do blízka musí vynaložit ještě větší akomodační úsilí. Poloha hlavních rovin optického systému oka a brýlové čočky, která je závislá na lomivosti brýlových čoček, vede k tomu, že blízký bod korigovaného hypermetropického oka leží dále od oka než blízký bod korigovaného myopického oka. Může dojít i k rozdílným hodnotám adice mezi pravým a levým okem při anizometrii, což je rozdílná hodnota refrakce mezi pravým a levým okem. [7, 8, 17,]

3.3.4 Akomodační deficit a vzdálenosti objektu

K tomu, aby se mohl vytvořit dostatečně ostrý obraz na sítnici, při pohledu na blízko musí lidské oko vynaložit akomodační úsilí. Hodnota akomodačního úsilí a vzdálenost objektu jsou kompatibilní za předpokladu, že je hloubka ostrosti menší a detaily pozorovaného předmětu kontrastnější a jemnější. Akomodační deficit (akomodační přebytek) vypočítáme jako rozdíl mezi vynaloženou akomodací a převrácenou hodnotou vzdálenosti objektu. [17]

Akomodační deficit můžeme zjistit pomocí skiaskopie, nebo pomocí autorefraktometrů, které umožňují sledování blízkého předmětu. Nižší akomodační deficit upozorňuje na příliš

silnou míru akomodace, jeho příčinou může být akomodační exces. Zvýšený akomodační deficit nás upozorňuje naopak na malou hodnotu akomodace a dochází k akomodační insuficienci. Subjektivní metoda na vyšetřování akomodačního deficitu je možná pouze metodou relativní akomodace. [17]

3.3.5 Akomodační mikroodchylky

Znalost akomodační mikroodchylky má v praxi význam u objektivního měření axiální refrakce. Pomocí autorefraktometru by mělo proběhnout vždy několik měření za sebou a výsledná průměrná hodnota by se měla považovat jen za orientační. Správná refrakce by měla být stanovena na základě subjektivního vyšetření. Amplituda akomodačních mikroodchylek je přibližně $\pm 0,1$ dpt. Má na ně vliv především vzdálenost pozorovaného předmětu, průměr pupily, světlo a kontrast. Čím je vzdálenost předmětu, nebo velikost pupily menší, tím amplituda odchylky roste. [17]

3.3.6 Léky

Lokálně aplikovaná parasymptomimetika. Může jím být například Karbachol, nebo Pilocarpin, které se používají při léčbě glaukomu jako myotika. Způsobují kontrakci ciliárního svalu. Doprovodným efektem je zúžení pupily (myóza) z důvodu, že musculus sphincter pupillae je inervován parasymptikem. [17]

3.3.7 Chromatická aberace

Je barevná vada zvětšení. Krátkovlnné modré světlo zaostřuje na sítnici více než dlouhovlnné červené světlo, dochází tak k zvýšení akomodačního úsilí. Opačně je tomu u dlouhovlnného červeného světla, které je zaostřeno více než krátkovlnné modré světlo a dochází ke snižování akomodačního úsilí. [7, 17]

3.3.8 Mandlovníkový efekt

Vzniká v případě, že se mezi vzdáleným předmětem a pozorovatelem nachází rušící transparentní předmět. Tento jev můžeme pozorovat například při řízení auta v noci. Znečištěná skla vozidla, spolu s noční myopií způsobují posun hodnot axiální refrakce. [17]

4 Akomodační poruchy

K akomodačním poruchám se řadí fyziologické stavy, které jsou zapříčiněny stárnutím, ale v dnešní moderní době se s nimi často setkáváme i u mladých lidí. Poruchou akomodace označujeme patologický proces, který brání normální funkci akomodačního mechanismu. K poruše akomodace zpravidla dochází náhle a může se projevit v jakémkoli věku.

4.1 Akomodační spasmus

Spasmem akomodace označujeme prodlouženou kontrakci ciliárního svalu. Akomodační spasmus je vzácný a bývá ojediněle diagnostikován. Může totiž na první pohled simulovat jiné patologie, jako jsou refrakční defekty nebo dokonce retrobulbární optická neuropatie. Je charakterizován přehnanými fyziologickými změnami během akomodace, což vede k trojici pseudo-myopie, mióze a esotropii. Vzniká proto u pacientů s podkorigovanou, nebo nedokorigovanou hypermetropií či presbyopií, nebo po aplikaci myotik. Nejčastěji se projevuje na obou očích právě různou mírou pseudomyopie s makropsií. Obdobný stav vzniká při otravě CO₂ nebo morfinem. [5, 10, 24]

Zpravidla se jedná o funkční onemocnění vyvolané dlouhodobou prací do blízka nebo na střední vzdálenost, stresem, a u migrénových záchvatů. Akomodační spasmus bývá často spojen právě s psychogenními a funkčními příčinami, jako jsou poruchy osobnosti a úzkosti, z tohoto důvodu je nutné udělat i neurologická vyšetření. Neurologické vyšetření a magnetická rezonance se provádějí z důvodu, že odborná literatura popisuje mnoho případů spojených s léčením očního traumatu, úrazů hlavy, nádorů epifýzy nebo cévní mozkovou příhodou. Obecně se spasmus vyskytuje bilaterálně, ale jsou i případy, kdy se vyskytl pouze unilaterálně.

Mezi nejčastější příznaky patří rozmazané vidění na dálku, diplopie, esotropie, rozdílná zraková ostrost, bolesti v orbitální oblasti a astenopické obtíže. To vše se může překlénout do chronického stavu. Jako léčba se nejčastěji používají cykloplegické oční kapky a následně správná korekce, nebo atropin, který vykazuje ještě vyšší účinnost než cykloplegika. Neexistuje však přesná shoda, jak akomodační spasmus léčit. Literatura popisuje řadu způsobů. Od předsazení mínusové čočky, myotik, cykloplegik s předsazením plusové čočky, až po nedávno použitím multifokální nitrooční čočky. Mohou se použít i vizuální terapie a různá cvičení akomodace. V případech, kdy dochází ke spojení akomodačního spasmu se strabismem důsledkem nadměrné konvergence, byla předepsána terapie. Ta zahrnuje léčbu pomocí hranolů a botulotoxinu. [5, 10, 24]

4.2 Akomodační exces

Dochází k němu spíše u mladých lidí s myopií, ale i hypermetropií při dlouhodobé nebo jemné práci do blízka s nekvalitním nebo příliš intenzivním osvětlením. Jednou z příčin může být i nevyhovující korekce refrakční vady. Nejčastěji se projevuje u neurotických osob se sklonem k přepracování. [1, 5, 21]

Akomodační exces se projevuje nadměrnou konvergencí, těžkými astenopickými obtížemi a myopizací oka. U klienta dochází k potížím s uvolněním akomodace. To může mít za následek vznik akomodačního spasmu. Při nesprávné diagnóze dojde k zesílení myopické korekce a tím ke zhoršení obtíží. Doporučuje se předpis správné brýlové korekce, poučení o ergonomii při práci do blízka a aplikace cykloplegik. Používá se atropin po několik týdnů. [5, 7, 21, 26]

4.3 Akomodační insuficience

Jinak také akomodační nedostatečnost. Jedná se o sníženou hodnotu akomodační šíře vzhledem k věku klienta. Příčinou akomodační insuficience je snížená schopnost kontrakce ciliárního svalu, dochází k němu jen u vyšších ročníků. U dětí k akomodační insuficienci dochází výjimečně, a to po léčbě neurologických onemocnění. Tím je například epilepsie. Často se vyskytuje u myopů a hypermetropů kolem 40. roku života. Hlavními příznaky jsou astenopické obtíže při práci na blízkou vzdálenost. Dochází k diplopii, bolestem hlavy, rozmazanému vidění, pálení očí a další. V počátcích může docházet k akomodační únavě, kdy jsou hodnoty akomodační šíře ještě v normě, ale při delší a namáhavé práci dochází ke snížení akomodační šíře. Normové hodnoty akomodační amplitudy se pohybují okolo 2 Dpt a méně. Alespoň částečného zlepšení a úlevy lze dosáhnout aktivním cvičením akomodace. Trvalou insuficienci řešíme presbyopickou korekcí. V některých případech je nezbytná prizmatická korekce konvergenčního excesu. [5, 7, 8, 17]

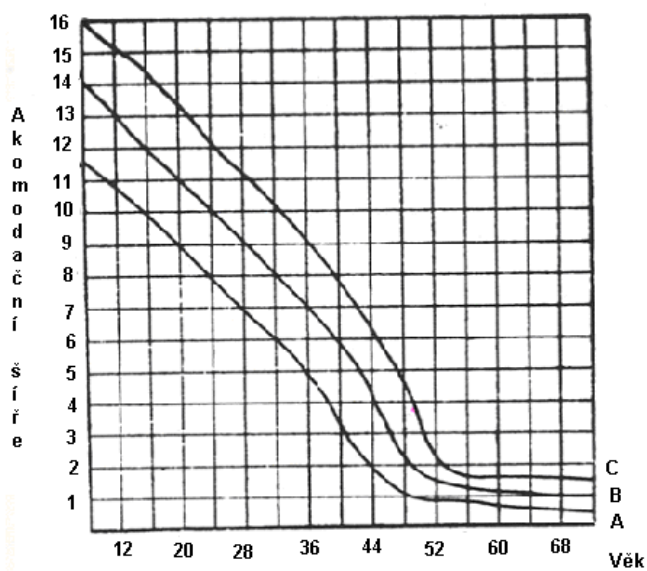
4.4 Akomodační obrna

Při akomodační obrně dochází ke zhoršení visu při pohledu na blízkou vzdálenost, v případě hypermetropů se toto děje i do dálky. Příčinou akomodační obrny může být podání cykloplegik, infekce a trauma CNS, přímý úraz oka, cévní léze, diabetes, chronický alkoholismus, otrava olovem, botulismus a další. Často je tento problém spojen s mydriázou, neboť parasympatická vlákna zásobující musculus ciliaris inervují i svěrač zornic. Aby došlo ke správné léčbě, je nutné primárně identifikovat příčinu akomodační obrny. U patologické mydriázy zornic dochází k její kompenzaci pomocí plastiky duhovky, nebo použijeme aplikaci

stenopeické kontaktní čočky. Při dlouhodobých obtížích je předepisován klientovi přídavek do blízka (addice). [1, 5, 7, 8]

4.5 Presbyopie

Presbyopií označujeme fyziologický pokles akomodační šíře, ten je zapříčiněn průběhem stárnutí člověka. Dochází ke snižování elasticity a plasticity čočky a v pozdním stáří také dochází ke snížené akceschopnosti ciliárního svalu, což vede k poklesu akomodační šíře a k posunutí blízkého bodu směrem od oka. Dochází k postupnému snižování flexibility oční čočky. U klienta s hypermetropií se presbyopie dostavuje dříve, neboť značná část akomodace je již spotřebována ke korekci zraku do dálky. Průměrnou hodnotu akomodační šíře pro jednotlivé věkové skupiny nám ukazuje Duanova křivka. Ukazuje Amplitudu akomodace monokulárně vzhledem k věku klienta. Křivka A ukazuje minimální hodnoty akomodační šíře v dioptriích, křivka B maximální (viz. obr. 4.1). Když se bude jednat o pacienta s korigovanou myopickou vadou, tak bude mít s korekcí na dálku nejméně stejné presbyopické obtíže jako stejně starý pacient s emetropií. Doba nástupu presbyopie závisí na stavu fyzikální a fyziologické akomodace, na statické refrakci oka a na pracovní vzdálenosti, kterou klient preferuje. [5, 7, 8, 25]



Obrázek 4.1: Duanova křivka. [25]

4.5.1.1 Příznaky presbyopie

K příznakům presbyopie patří prodlužující se čtecí vzdálenost. Je potřeba si čtený text oddálit a tím se přiblížit bodu, kde využívá plné akomodační úsilí, aby viděl obraz ostře.

Zvýšením akomodačního úsilí může dojít ke spasmu akomodace a diplopii. Klienti často tento jev popisují tak, že jim nestačí ruka k přečtení textu. Dochází k poklesu vízu do blízka při nedostatečném osvětlení u práce na blízko. Presbyop proto vyhledává intenzivnější osvětlení, které navozuje miózu. Zúžený kužel paprsků vytváří při totožném refrakčním stavu oka méně rozostřený sítnicový obraz pozorovaného předmětu. Může docházet ke zhoršování obtíží v průběhu dne, nebo neschopnost zaostřit do dálky při pohledu z blízka do dálky. To mohou ovlivňovat již zmíněné ciliární spasmy. Dalším projevem jsou astenopické obtíže. K astenopickým obtížím patří bolest hlavy a očí, nebo celková oční únava. [5, 7, 8]

4.5.1.2 Korekce presbyopie

Presbyopii korigujeme adicí. Adice je úprava vlastní brýlové korekce směrem do plusu, jinak také rozdíl mezi naměřenou dioptrickou korekcí do dálky a do blízka. Při presbyopické korekci je cílem posílit refrakční systém oka. Adici musíme dát tak vysokou, aby při pohledu do blízké vzdálenosti (nebo do vzdálenosti, na kterou klient pracuje) zůstala zachována 1/3–1/2 akomodační šíře. [5, 12, 21]

Stanovení předběžné hodnoty adice:

1. Dle věku a pracovní vzdálenosti: Nejběžnější čtecí vzdálenost je 30-40 cm. Adici je nutné přizpůsobit čtecí nebo pracovní vzdálenosti. U vzdálenosti větší, než je obvyklá budeme adici snižovat, naopak u menší vzdálenosti budeme zvyšovat. [5, 12]

Tabulka 2: Závislost věku a pracovní vzdálenosti na hodnotě adice. [29]

Věk	Adice v Dpt	
	Pro vzdálenost 33 cm	Pro vzdálenost 40 cm
45	1,25	0,75
50	1,75	1,25
55	2,25	1,75
60+	2,5	2

2. Pomocí poměru akomodační amplitudy: Metoda je účinná u klientů, kteří ještě nedosáhli věku 60 let. Začíná se změřením akomodační šíře, z které se využívá 1/2 až 2/3. [12]

Předběžnou adici vypočítáme jako:

$$Adice (D_{pt}) = \frac{1}{HPB} - \frac{1}{2}A\check{S} \quad (7)$$

HPB – Hlavní pracovní bod [m]

AŠ – akomodační šíře [Dpt]

[33]

Ověření hodnoty adice:

Červenozelený test

Červenozelený test se vyšetřuje binokulárně po stanovení adekvátní adice na konkrétní pracovní vzdálenost. Za předpokladu stejné akomodační šíře na obou očích. Klientovi se předloží červeno-zelený test do blízka do jeho čtecí vzdálenosti. Je vyzván, aby vnímal kontrast a ostrost optotypových znaků na barevném podkladě. Při výraznějším vnímání textu na červeném pozadí se může adice snížit o -0,25 Dpt. Naopak u zeleného pozadí se adice zvýší o +0,25Dpt. Úpravu dioptrie je potřeba provádět binokulárně. V případě, že je korekce konečná, vnímá klient text na červeném i zeleném podkladě stejně ostře. [33]

Fúzovaný zkřížený cylindr

Test fúzovaného zkříženého cylindru se provádí na foropteru, kde lze jednoduše předkládat Jacksonův zkřížený cylindr binokulárně tak, aby osa záporného cylindru směřovala do 90°. Do klientovi čtecí vzdálenosti je nutné předložit mřížkový test. Při ideální adici by měl klient vidět horizontální i vertikální směr čar na testu stejně neostře. Když vidí ostřeji vertikální směr čar, tak je třeba snížit adici o 0,25 Dpt. Naopak u horizontálního směru je třeba adici zvýšit o 0,25 Dpt. Změna dioptrie se provádí binokulárně. [33]

Metoda s měřením PRA a NRA

Metoda s měřením pozitivní relativní a negativní relativní akomodace se dá také použít k určení a úpravě definitivní adice. Předpokládá se, že s upravenou adicí si budou pozitivní a negativní relativní akomodace vzájemně rovné. K vyšetření se používají optotypové tabulky do blízka se zaměřením na text o velikosti 0,4-0,5 desetinného vyjádření zřakové ostrosti. Klient čte text s vypočítanou a předsazenou adicí. Vyšetřující předkládá postupně spojné čočky, dokud nedojde k rozostření a změří negativní relativní akomodaci. Jedná se o uvolnění akomodace. Následně předkládá rozptylné čočky tak dlouho, dokud nedojde k rozostření a změří pozitivní relativní akomodaci. Jedná se o maximální akomodaci. V případě, že se pozitivní a negativní relativní akomodace nerovná, je nutné tyto dvě hodnoty sečíst a výsledek vydělit dvěma. V případě, že negativní relativní akomodace byla vyšší než pozitivní, tak výsledek výpočtu

přičteme, k již vypočítané adici. V opačném případě výsledek výpočtu odečteme od již vypočítané adice. [33]

4.6 Možnosti řešení akomodačních poruch

Akomodační poruchy se dají řešit různými způsoby. Před zahájením „léčby“ je důležité provést pečlivě anamnézu, aby výběr řešení akomodační poruchy byl správný. Nejběžněji používaným je předpis správné refrakce, ale každý typ akomodační poruchy se řeší individuálně právě na základě oční anamnézy a dalších zjištěných příčin.

4.6.1 Korekce refrakční vady

Aby nevznikla žádná zbytková refrakční vada, je přesnější zjišťovat korekci v cykloplegii. Správná korekce refrakční vady zlepší pacientovu zrakovou ostrost a může odstranit problémy související s akomodačními poruchami. [21]

4.6.2 Zrakový trénink

Zrakový trénink je jednou z možností. Je možné s ním zmírnit, či úplně odstranit potíže spojené s akomodačními poruchami. Zrakový trénink můžeme provádět na optických přístrojích v optometristických vyšetřovnách nebo očních ordinacích. Lze ho však provádět externě, například v domácích podmínkách. Před externím cvičením je však potřebné důkladné zaškolení oftalmologem nebo optometristou. Délka cvičení je vždy závislá na závažnosti problému. Cvičení je efektivní v případě, že se provádí každý den 10-15 minut po dobu minimálně jednoho měsíce. Doporučuje se však s cvičením pokračovat i po uplynutí této doby a v závislosti na progresi se určuje pravidelnost cvičení. [13, 21]

4.6.3 Presbyopická korekce

Akomodační obrna a akomodační insuficience se vyznačují dlouhodobými a neustupujícími potížemi při práci na blízko. Klientům se předepisuje adice. Více bylo popsáno v předchozí kapitole 4.5.1.2. Korekce presbyopie. [21]

4.6.4 Operace

Využívá se operace laserová i nitrooční. Obě tyto metody jsou v posledních letech velice populární. U nitrooční operace se jedná o implantaci multifokálních a pseudoakomodativní nitrooční čočky. Nitrooční čočky, které jsou schopny akomodovat, využívají činnosti ciliárního svalu. Laserové operace se nejčastěji provádějí metodou LASIK, tato metoda je založena na ablaci lamely rohovky. [21]

5 Myopie

Myopie, nebo také jinak nazývaná jako krátkozrakost, je vada, při které se rovnoběžné paprsky po průchodu optickým aparátem v relaxovaném stavu akomodace sbíhají do ohniska před sítnicí. Na sítnici vzniká neostrý obraz. Daleký a blízký bod se nachází u myopického oka v konečné vzdálenosti před okem. V případě, že myopické oko pozoruje obraz vzdálený mezi těmito body, bude výsledný obraz na sítnici ostrý. U nekorigovaného myopa najdeme blízký bod posunutý směrem k oku. Při pozorování předmětu nacházejícím se mezi dalekým a blízkým bodem využívá akomodaci stejně jak emetrop. Podvědomě dává čtený text do vzdálenosti tónické akomodace, což vede k tomu, že nevyužívá akomodaci do takové míry jako hypermetrop. [3, 5]

Většina myopií vzniká v důsledku zvětšení předozadního průměru oka. V takovém případě hovoříme o axiální (osové) myopii. V případě, že je myopie způsobena zvýšením zakřivení rohovky nebo čočky, tak hovoříme o kurvturní myopii. Zmenšení poloměru zakřivení rohovky o 1 mm způsobuje myopizaci přibližně o-6 Dpt. Zvýšené zakřivení rohovky můžeme pozorovat u keratokonu a dalších ektatických onemocněních, toto bývá zpravidla doprovázeno i astigmatismem a rohovka bývá spíše plošší. Zvětšení čočkového zakřivení bývá spíše ojedinělé. Dochází k němu například při zbobtnání čočky při těžké hyperglykémii, nebo při zadním a předním lentikonu. [5]

5.1 Klasifikace myopie

Podle počtu dioptrií dělíme na:

myopia simplex (lehkou) do -3,0 Dpt

myopia modica (střední) od -3,25 do -6,0 Dpt

myopia gravis (vysokou) od -6,25 do -10,0 Dpt

myopii progressiva a congenitalis (těžkou) nad -10 Dpt

Jako myopia physiologica označujeme nižší formu myopie, kterou nedoprovází degenerativní změny. Lze ji chápat jako fyziologickou variaci refrakčního stavu oka. Objevuje se již ve školním věku či adolescenci a po 20. roce života již zpravidla neprogreduje. [5]

Miopií intermedialis označujeme střední formu myopie s počátečními projevy zvětšování bulbu. Začíná ve školním věku a progreduje do -5,0 až -10 Dpt. Její rozvoj se zpomaluje, nebo končí po 20. roce života. [5]

Myopia progressiva je rychle progredující druh myopie, dochází k refrakční vadě až -4,0 Dpt za rok. Je spojena s chororetinálními změnami a s kolikvací sklivce. K její stabilizaci dochází mezi 20. a 30. rokem. Dosahuje -10,0 až -30,0 Dpt. [5]

Myopia congenitalis je vrozená myopie dosahující -10,0 Dpt a více. Je zpravidla neprogredující, je zachována stimulace zrakových center pohledem do blízka a nedochází tedy k těžké ambliopii. [5]

5.1.1 Druhy myopií

5.1.1.1 Noční myopie

K noční myopii dochází při zhoršených světelných podmínkách při práci. Její hodnoty se pohybují nejčastěji okolo -0,75 Dpt. Hlavní příčinou noční myopie jsou již zmíněné světelné podmínky, kdy oko nemá dostatečný nebo žádný podmět k zaostření. Aktivuje se tonická složka akomodace a dochází k myopizaci oka. Může se projevit sférickými a chromatickými aberacemi vznikajícími rozšířením průměru zornic vlivem zhoršených světelných podmínek. [7]

5.1.1.2 Přístrojová myopie

Přístrojová myopie má krátkodobý průběh. Může dosahovat hodnot až -1,50 Dpt. Vzniká při práci na optických přístrojích, jako je mikroskop, fokometr, šterbinová lamp nebo autorefraktometr. Nejčastěji se proto vyskytuje u laboratorních pracovníků. Vzniká při akomodaci oka na bližší vzdálenost, než je optické nekonečno a zároveň je omezené zorné pole. Některé nové přístroje jsou již navrženy tak, aby zabraňovali vzniku přístrojové myopie. [31, 32]

5.1.1.3 Pseudomyopie

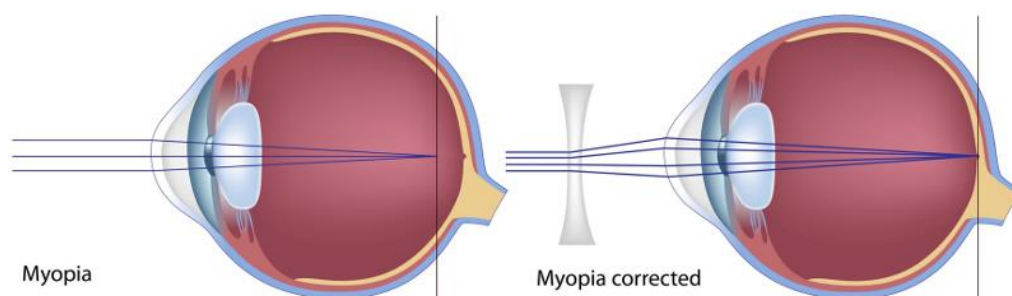
Pseudomyopie je definována jako reversibilní typ myopie. Je způsobena spasmem ciliárního svalu, vyvolaným například léky, dlouhodobou prací do blízka nebo traumatem. [30]

5.2 Klinické příznaky

Hlavním příznakem je zamlžené vidění do dálky, klient mhouří oči při pohledu do dálky a snaží se navodit stenopeické vidění. U nižší a střední myopie je příznakem schopnost použitelného naturálního vidění do blízka i v presbyopickém věku. K astenopickým potížím nedochází často, ale mohou být příznakem nově vzniklé vady. [5]

5.3 Korekce

Před korekcí dochází k dopadu světelných paprsků před sítnicí, po vykorigování rozptylnou čočkou dopadnou paprsky na sítnici (obr. 5.1). Klientovi s myopií předepisujeme nejslabší možnou rozptylnou (mínusovou) čočku, s níž dosáhne nejlepšího vizu. Nedojde tak k překorigování, které by nám z myopa vytvořilo pseudohypermetropa a klient by byl nucen akomodovat i při pohledu do dálky. Tento stav je pro něj neobvyklý a mohou následovat astenopické obtíže. U dospělých klientů, kterým předepisujeme první myopickou korekci, je nutné předpokládat oslabenou akomodační schopnost. U klientů s nízkou a střední myopií se doporučuje předepisovat plný refrakční deficit. Jeho předpisem se předchází akomodačnímu ochabnutí při práci na blízkou vzdálenost. V případě předepsání plné korekce u vysoké myopie může dojít ze strany klienta k její intoleranci. [5, 21]



Obrázek 5.1: Ukázka dopadu paprsku při korekci myopie. [27]

6 Experimentální část

Experimentální část práce se věnuje tomu, jaký vliv má věk, zaměstnání, zdravotní stav a další aspekty na možný vznik a průběh akomodačního spasmu. Budou porovnány parametry refrakce naměřené objektivním způsobem a subjektivním způsobem měření refrakce s refrakcí naměřenou v mydriáze objektivním způsobem a s refrakcí naměřenou v cykloplegii objektivním způsobem měření.

6.1 Úvod do experimentální části

Akomodační spasmus nebývá často diagnostikován a na první pohled často simuluje jiné patologie. Jsou jimi například refrakční defekty, nebo i třeba retrobulbární optická neuropatie, která může být jedním z příznaků roztroušené sklerózy. Akomodační spasmus bývá nejčastěji přítomen na obou očích zároveň, ale může se vyskytovat i jednostranně. Akomodace bez doprovodu akomodačních poruch je pro nás důležitá, neboť nám umožňuje pozorovat obraz umístěný v různých vzdálenostech ostře. Cílem práce je zjistit velikosti rozdílů v různém způsobem naměřených refrakcích a vyhodnotit možný výskyt akomodačního spasmu u myopických pacientů s dlouhodobě překorigovanou korekcí do dálky. Získané parametry budou statisticky zpracovány a na základě nich budou potvrzeny, či vyvráceny předem stanovené hypotézy a předpoklad. Pro nulovou hypotézu H_{01} byla stanovena hladina významnosti $\alpha=0,05$.

Hypotéza H_{01} :

Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii jsou statisticky významné.

Hypotéza H_1 :

Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii nejsou statisticky významné.

Hypotéza H_2 :

Hodnoty naměřené v mydriáze, nebo cykloplegii se oproti hodnotám naměřených při subjektivní refrakci liší průměrně o maximální hodnotu 0,50 Dpt.

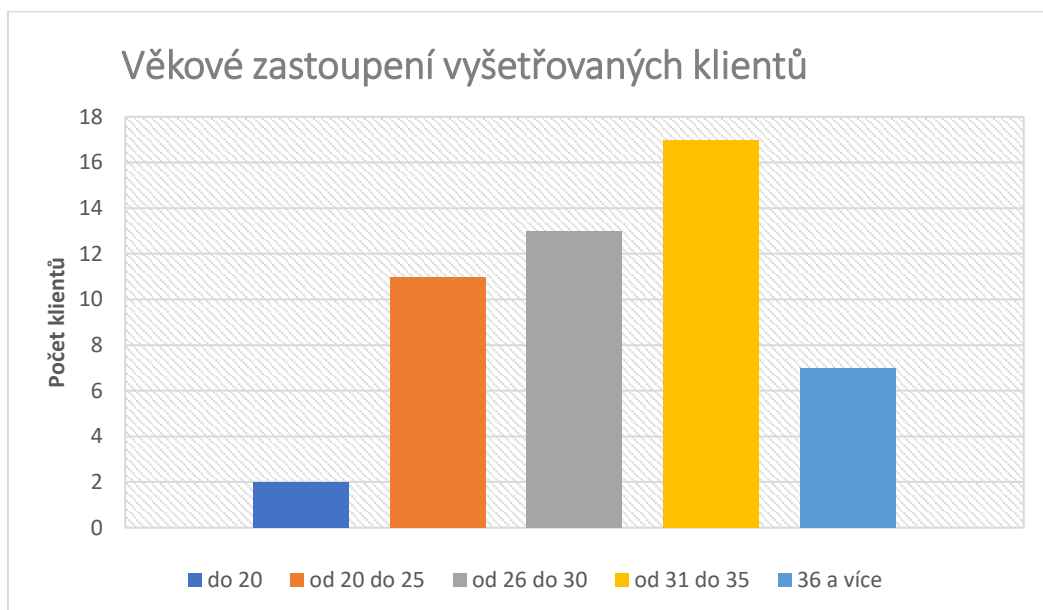
Předpoklad H_3 :

Nejpravděpodobnější předpoklad možného výskytu akomodačního spasmu důsledkem dlouhodobého překorigování je u klientů s nadměrnou zátěží při práci do blízka.

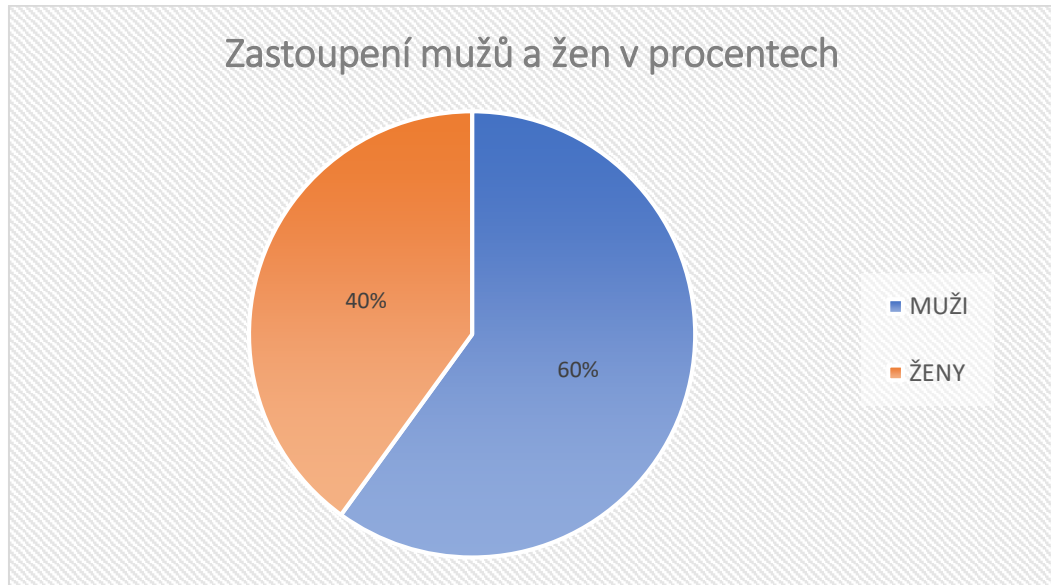
6.2 Metodika

Sběr dat probíhal na oční klinice Gemini a.s. za dohledu konzultanta mé bakalářské práce. Oční klinika se nachází v hlavním městě Praha. Sběr dat a jejich vyhodnocení mělo probíhat v období od začátku března 2020 do konce dubna 2020. Bohužel vzhledem k situaci s virovým onemocněním COVID-19, která se v měsíci březnu začala zhoršovat byl omezen provoz na oční klinice Gemini a.s. a studentům nebyl umožněn vstup na kliniku. K přenosu COVID-19 z člověka na člověka dochází pomocí kapének z dýchacích cest přenášených vzduchem při delším blízkém kontaktu s nakaženým. S ohledem na rychlost šíření nákazy vláda přibližně v polovině března vyhlásila nouzový stav. Zdravotnickým a jiným zařízením bylo umožněno vykonávat povolání za určitých hygienických podmínek. Tato skutečnost ztížila výkon zaměstnání jak optikům v očních optikách, tak optometristům. Vyhlášení nouzového stavu, omezení volného pohybu, a nedostatek ochranných zdravotnických pomůcek v České republice, postupně téměř úplně pozastavil chod na klinice. Její první návštěva byla studentům umožněna až v druhé polovině května 2020. Sběr dat a zpracování výsledků tedy probíhalo oproti původnímu termínu podstatně později, a to v době od 18. května do 26. května 2020.

Celkem bylo náhodně vybráno z databáze oční kliniky Gemini a.s. 50 myopických pacientů. Jednalo se o pacienty ve věkovém rozpětí od 18 let do 44 let. Věkový průměr klientů činí 29,8 let a největší zastoupení měla věková skupina od 31 let do 35 let věku. Rozdělení do věkových kategorií je znázorněno na obrázku 6.1. Z kompletního vzorku klientů bylo 30 mužů a 20 žen. Procentuální zastoupení je znázorněno na obrázku 6.2.



Obrázek 6.1: Věkové zastoupení klientů

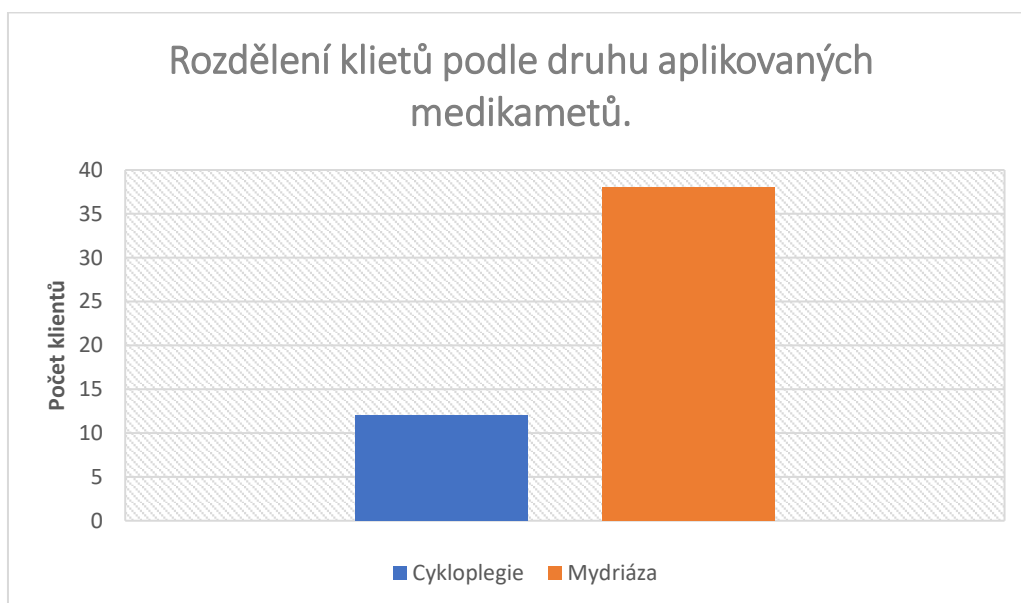


Obrázek 6.2: Zastoupení mužů a žen v procentech

Při výběru dat k posuzování nebylo porušeno GDPR (General Data Protection Regulation), neboť k datům pacientů byl umožněn pouze omezený přístup za přísného dohledu konzultanta bakalářské práce. Osobně mi nebylo umožněno do zdravotní dokumentace nahlédnout. K osobní potřebě byla dodána pouze data nezbytně nutná k vypracování práce, aniž by bylo sděleno, jakému klientovi patří. Z tohoto důvodu je velice obtížné data klientů dohledávat zpětně a zpětně další údaje do výzkumu doplňovat. Klienti tudíž nebyli zaznamenáváni pod jejich osobním jménem, ale byla jim přiřazena svá osobní čísla. Tito pacienti prošli na klinice kompletním vyšetřením refrakce včetně kompletní zdravotní anamnézy. Podstoupili změření objektivní refrakce pomocí autorefraktometru, subjektivní refrakce pomocí foropteru a měření objektivní refrakce v mydriáze, nebo cykloplegii.

Měření v mydriáze nebo cykloplegii provádíme z důvodu ověření správné refrakce. Dochází k alespoň částečnému uvolnění tonu ciliárního svalu a nedochází tak k akomodaci, nebo dochází pouze k částečné akomodaci. Vyšetření v mydriáze bylo použito téměř u všech pacientů, kteří přišli na vyšetření. U ostatních pacientů, kterým při objektivním i subjektivním vyšetření refrakce vycházely velmi malé sférické hodnoty blízké nule nebo opakovaně pacientovi vychází hodnoty při objektivní refrakci různě, případně se jedná o dlouhodobě podkorigovaného myopického pacienta, tak byla použita cykloplegie. Měření v mydriáze a cykloplegii je důležité pro hodnocení výsledků v praktické části bakalářské práce, neboť právě křeč ciliárního svalu nám ovlivňuje vznik akomodačního spasmu. V cykloplegii bylo vyšetřeno z 50 klientů celkem 12 a v mydriáze celkem 38 klientů refrakčního centra (obr. 6.3).

Shromážděná data budou zpracována v programu Microsoft Excel pomocí funkcí na to určených.



Obrázek 6.3: Rozdělení klientů podle druhu aplikovaných medikamentů.

6.3 Vybavení použité pro měření refrakce a postup

Postup měření probíhal na oční klinice u každého téměř totožně. Jako první byla provedena celková zdravotní anamnéza. Zjišťovalo se, zdali klient neprodělal úrazy nebo operace hlavy a očí. Dále byla zaznamenána rodinná anamnéza, která se týkala hlavně výskytu očních chorob a závažných nebo dědičných onemocnění v rodině. Po vypsání všech záznamů do karty klienta bylo provedeno objektivní vyšetření. Pro tento účel byl použit přístroj od společnosti NIDEK model druhé generace TonoRef II. Jednalo se o kombinovaný autorefrakto-keratometr s bezkontaktním tonometrem (obr.6.4).

Další měření pacientů bylo provedeno na automatickém foropteru značky NIDEK model RT-5100 (obr 6.5). Vyšetření bylo nutné provést důkladně, rychle a efektně, aby klient byl co nejméně zatěžován. Proto byl použit foropter.

Na určení hodnoty vizu naměřené refrakce byl použit LCD optotyp NIDEK System Chart SC-1600 (obr.6.6). Jako správně přečtený řádek na optotypu byl uznán ten, u kterého byl vyšetřovaný ještě schopen přečíst nadpoloviční většinu znaků bez větší námahy na vyšetřovací vzdálenost šest metrů. To znamená, že například z pěti písmen na optotypovém řádku přečte tři písmena. Hodnota čteného řádku byla zapsána do záznamu jako nejlepší dosažený vízus klienta.



Obrázek 6.4: Autorefraktokeratotonometr NIDEK TonoRef II (vlastní fotodokumentace)



Obrázek 6.5: Automatický foroapter NIDEK RT-5100 (vlastní fotodokumentace)



Obrázek 6.6: LCD optotyp NIDEK System Chart SC-1600 (vlastní fotodokumentace)

Po určení plné subjektivní refrakce se provádí ještě objektivní vyšetření v mydriáze, nebo cykloplegii. Tato metoda se používá kvůli ověření správnosti naměřené korekce. Jejím cílem je dostatečně uvolnit akomodační schopnost oka. K navození mydriázy byly použity u každého klienta jiné medikamenty. Patří mezi ně Mydrane injekční roztok, Unitropic 10MG/ML oční kapky, Neosynephrin-POS 10% oční kapky. Jako cykloplegykum byl použit Cyclogyl 1% oční kapky.

7 Dosažené výsledky

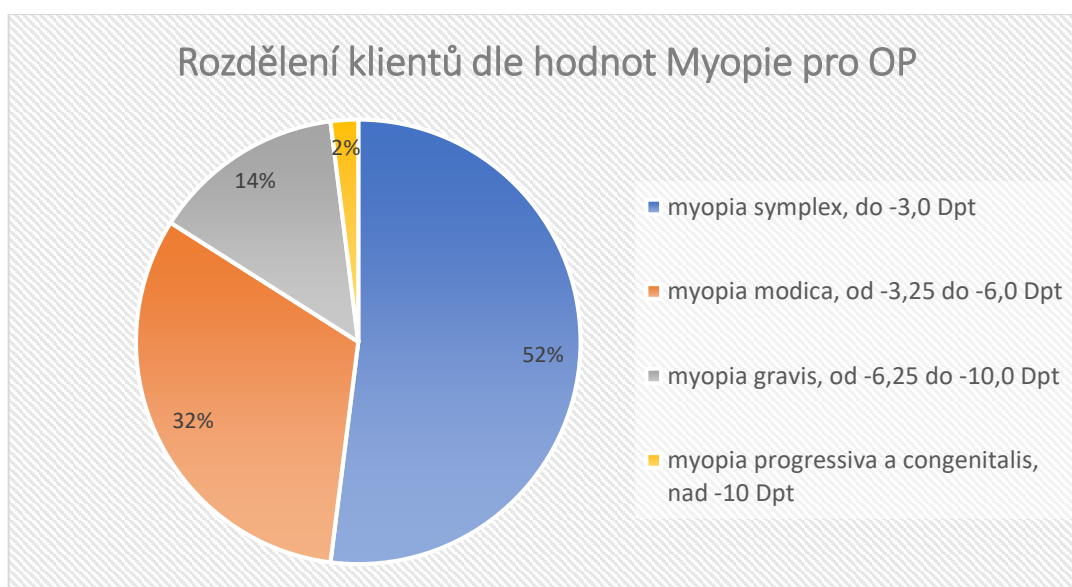
Vyhodnocování výsledků probíhalo pomocí různých funkcí použitých v programu Microsoft Excel. Při vyhodnocování se bralo v potaz každé oko zvlášť, s ohledem na rozdílnosti refrakcí na pravém a levém oku. Hodnoty byly v databázi zapsány jako sférocylindrický zápis. Z důvodu přesnějšího vyhodnocení výsledků byly hodnoty naměřených refrakcí přepočítány na Sférocylindrický ekvivalent (SE) pomocí vzorce č.7. Tím nám vznikla z každého jednotlivého měření pouze jedna hodnota.

$$SE = Sph + \frac{Cyl}{2} \quad (7)$$

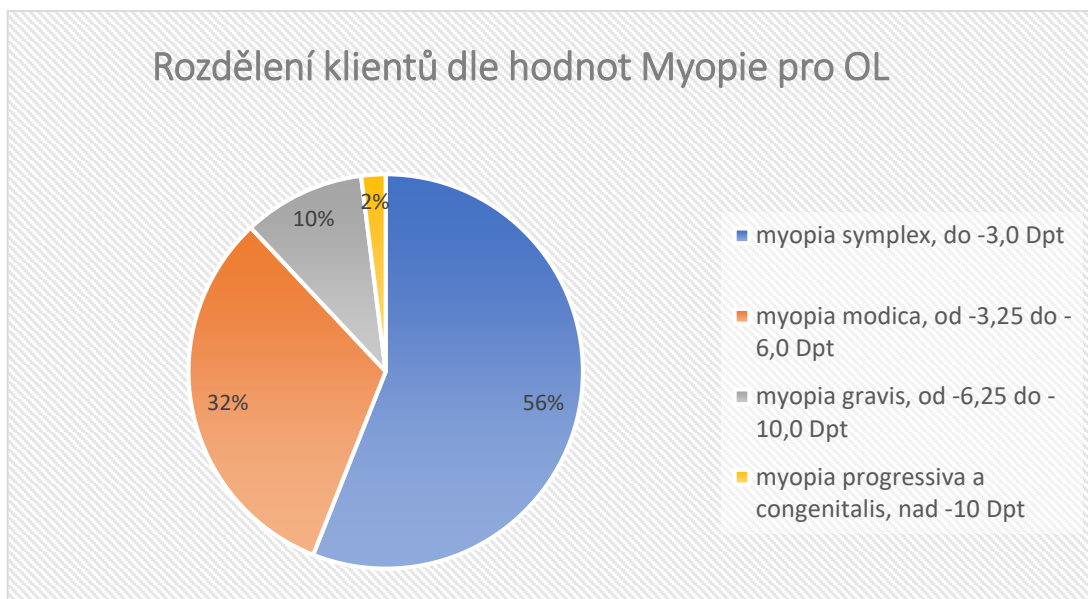
7.1 Zaznamenané parametry

Z dostupných záznamů bylo vyhodnoceno, že z 50 klientů má 27 probandů lehkou myopii do -3,0 Dpt, 16 klientů má střední myopii od -3,25 do -6,0 Dpt, 6 klientů má vysokou myopii od -6,25 do -10,0 Dpt a 1 klient měl těžkou myopii nad -10,0 Dpt. Vyhodnocení procentuálního rozložení hodnot dioptrické vady můžeme vidět na obrázku č.7.1 a 7.2.

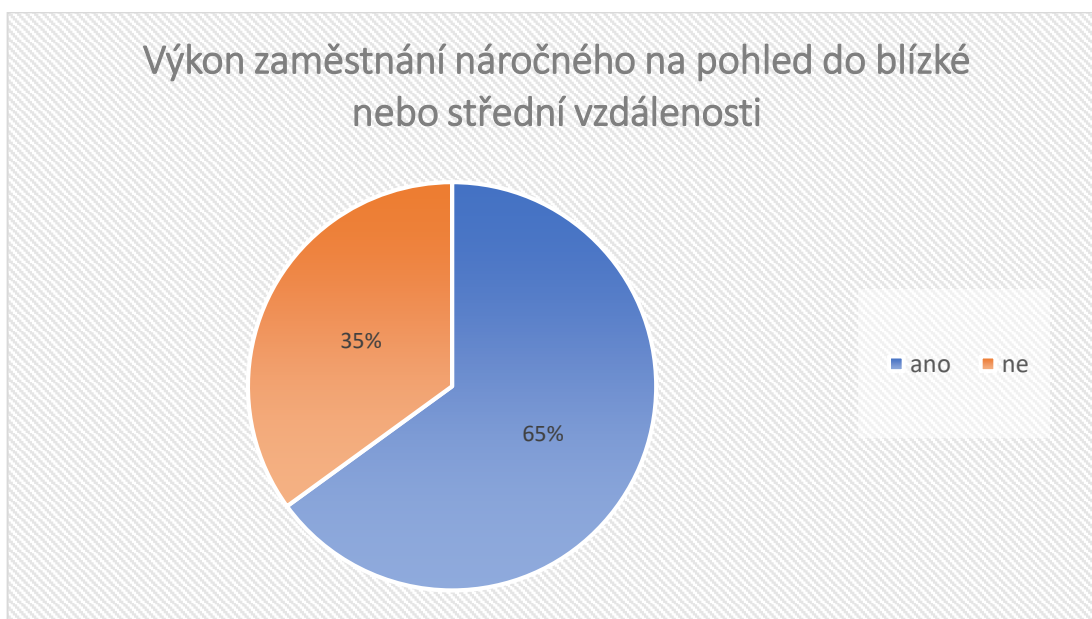
Do záznamů o jednotlivých klientech bylo i zapsáno jaké zaměstnání vykonává a zda je zaměstnání náročné na koukání do blízké, nebo střední vzdálenosti (obr.7.3.). Dále pak pohlaví, věk, zda pracuje více jak šest hodin denně na počítači, zda utrpěl v minulosti nějaké úrazy nebo operace hlavy a úrazy, nebo operace očí. Také předmětem zájmu, zda jeho povolání spadá do stresové kategorie zaměstnání. Toto se hodnotilo pomocí vl.č.523/2002 Sb., které upravuje předpis o definici faktorů psychické zátěže v původním znění v vl.č.178/2001 Sb.



Obrázek 7.1: Rozdělení klientů dle hodnot Myopie pro OP



Obrázek 7.2: Rozdělení klientů dle hodnot Myopie pro OL



Obrázek 7.3: Náročnost zaměstnání na pohled do blízké nebo střední vzdálenosti. Znázorněno v procentech

7.2 Vyhodnocení výsledků

Aby došlo k uvolnění akomodace, tak se používá cykloplegik, nebo mydriatik. Při cykloplegii i mydriáze (obr.7.4) dochází k uvolnění tonu ciliárního svalu a oko dočasně ztrácí schopnost akomodace.



Obrázek 7.4: Pohled na oko v mydriáze [34]

Z celkové skupiny 50 lidí byla u 24 % provedena cykloplegie a u 76 % byla provedena mydriáza. První se musel vyhodnotit rozdíl mezi naměřenými hodnotami při objektivním vyšetření na utorefrakto-keratometru a hodnotami naměřenými v mydriáze a cykloplegii. Jako první se vyhodnocoval rozdíl v naměřených dioptriích mezi objektivním měření a mezi objektivním měření v cykloplegii. Tento rozdíl činil na pravém oku 0,44 Dpt a na levém oku 0,35 Dpt. Směrodatná odchylka rozdílu naměřených dioptrií na pravém oku byla 0,24 [Dpt] a levém oku 0,33 [Dpt], což nám značí, že rozdíly měření u jednotlivých klientů byly velmi malé. Nejmenším naměřeným rozdílem na pravém i levém oku byla nulová hodnota. Naopak největším rozdílem na pravém oku 0,88 Dpt a levém 1,13 Dpt. Druhý se vyhodnocoval rozdíl mezi objektivním měřením a objektivním měřením v mydriáze. Rozdíl naměřených hodnot činil na pravém oku 0,31 Dpt a na levém oku 0,25 Dpt. Směrodatná odchylka rozdílu naměřených dioptrií na pravém oku byla 0,42 [Dpt] a na levém oku 0,33 [Dpt]. To nám značí, že rozdíly měření u jednotlivých klientů byly opět velmi podobné, ale na pravém oku byly občasné výkyvy. Nejmenším naměřeným rozdílem na pravém oku byla -0,25 Dpt a na levém oku -0,38 Dpt. Naopak největším na pravém oku 2,38 Dpt a na levém 1,13 Dpt. Veškeré hodnoty jsou přehledně zaneseny do tabulky (tabulka č.3) a grafů, které prezentují porovnání středních hodnot a můžeme v nich vidět i vyznačené odlehlé neboli extrémní body. (obrázek 7.5 a 7.6)

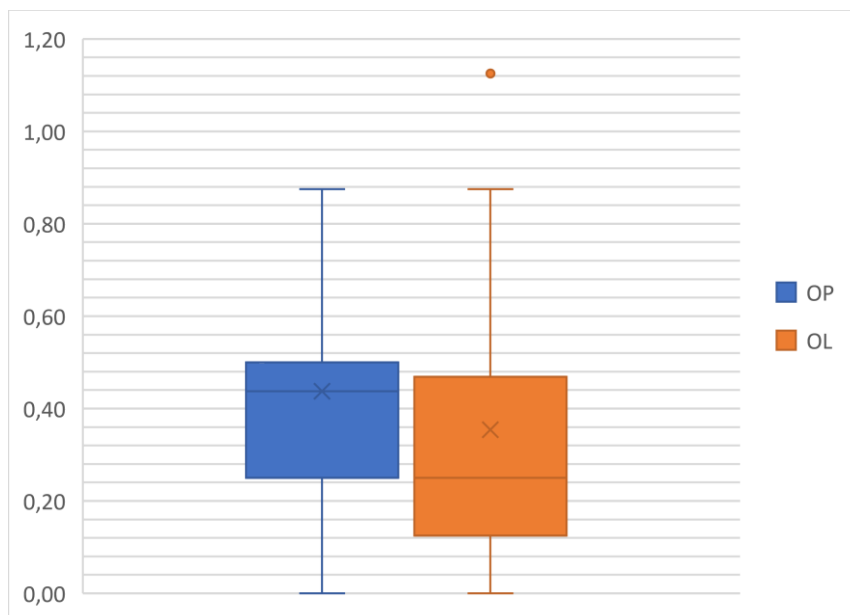
První hypotézou H_{01} : („Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii jsou statisticky významné.“) Porovnávaly se hodnoty rozdílů měření u každého oka zvlášť a pak i na všech celkem sto očí zároveň. Vyhodnocení hypotézy se

provádělo pomocí Studentova dvouvýběrového T-testu. Studentův dvouvýběrový T-test porovnává rozptyl naměřených hodnot a zkoumá jejich rozdíly a významnost lišících se výsledků. Nejdříve bylo potřeba určit hodnotu F-testu, $p=0,17$. Výsledek F-testu vyšel vyšší, než předem stanovená hladina významnosti $\alpha=0,05$ ($p > 0,05$), hypotézu H_0 tedy nezamítáme. Hypotézu H_1 („Dosažené rozdíly výsledků měření ve vyšetření v mydriáze a vyšetření v cykloplegii nejsou statisticky, významné.“) také nezamítáme. Hodnota T-testu vyšla u pravého oka $p=0,29$, u levého oka $p=0,36$ a binokulárně $p=0,18$. T-testem se tedy potvrdilo, že mezi použitím cykloplegik nebo mydriatik pro objektivní vyšetření, není žádný statisticky významný rozdíl.

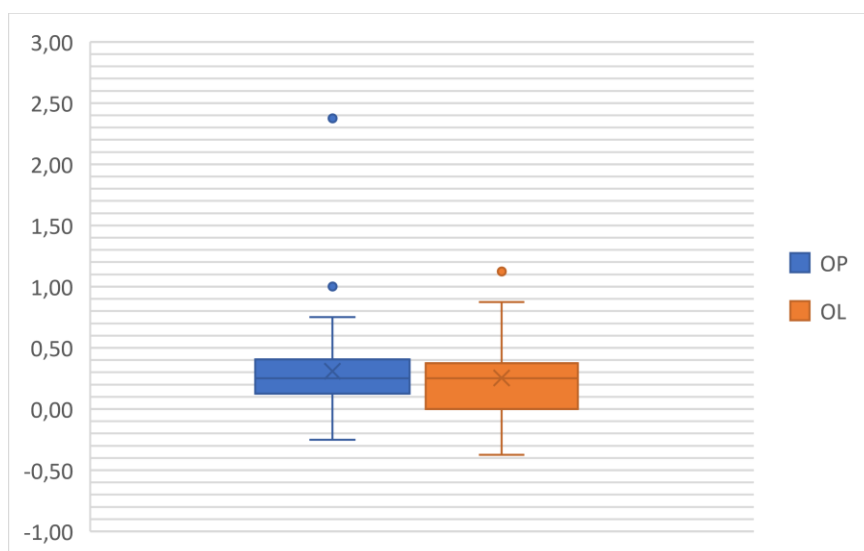
Zároveň se nám tímto měřením potvrdila i hypotéza H_2 („Hodnoty naměřené v mydriáze, nebo cykloplegii se oproti hodnotám naměřených při subjektivní refrakci liší průměrně o maximální hodnotu 0,50 Dpt.“) Hodnoty naměřené v mydriáze a cykloplegii se opravdu liší o maximální hodnotu 0,50 Dpt. Vše můžeme vidět v tabulce č.3.

Tabulka 3: Porovnání rozdílů hodnot naměřených v cykloplegii a mydriáze

Porovnání rozdílů hodnot naměřených v cykloplegii a mydriáze						
Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v CYKLO						
OKO	Průměrná hodnota rozdílu [Dpt]	Směrodatná odchylka [Dpt]	Minimální naměřená hodnota rozdílu [Dpt]	Maximální naměřená hodnota rozdílu [Dpt]	Průměrná hodnota naměřené dioptrie na OP a OL	Směrodatná odchylka
OP	0,44	0,24	0,00	0,88	0,40	0,29
OL	0,35	0,33	0,00	1,13		
Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v MYD						
OP	0,31	0,42	-0,25	2,38	0,28	0,38
OL	0,25	0,33	-0,38	1,13		
Výsledek rozdílu v měření						
OKO	T-test	Směrodatná odchylka	T-test	Směrodatná odchylka		
OP	0,34	0,39	0,18	0,36		
OL	0,36	0,33				



Obrázek 7.5: Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v CYKLO



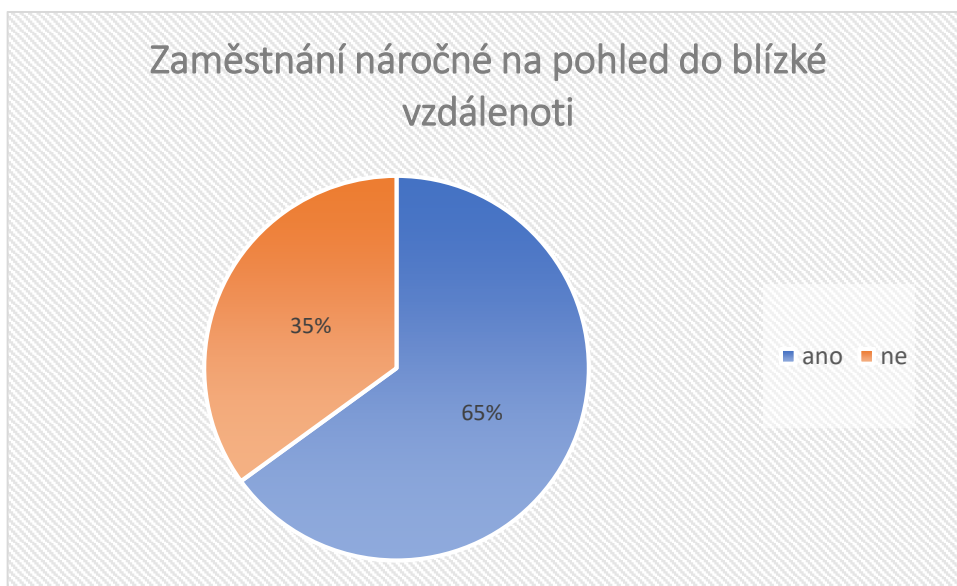
Obrázek 7.6: Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v MYD

Předpoklad č.1 („*Nejpravděpodobnější předpoklad možného výskytu akomodačního spasmu důsledkem dlouhodobého překorigování je u klientů s nadměrnou zátěží při práci do blízka.*“) Z celkem zapsaných 50 klientů dlouhodobě nosilo překorigovanou korekci na dálku 20 (obr. 7.7). Z 20 klientů, co nosili dlouhodobě překorigovanou korekci do dálky jich měla více jak polovina zaměstnání náročné na práci do blízka (obr.7.8). Častěji dlouhodobě nosí překorigovanou korekci muži než ženy a největší skupina probandů mužů i žen je ve věku od 31 do 35 let. Stanovený předpoklad bohužel nemůže být přímo potvrzena ani vyvrácen, neboť nebylo k dispozici dostatečné množství údajů k vyhodnocení. Mezi hodnocenými daty byla i žena, 38 let, která je v současnosti na mateřské dovolené. Dlouhodobě používá vlastní korekci,

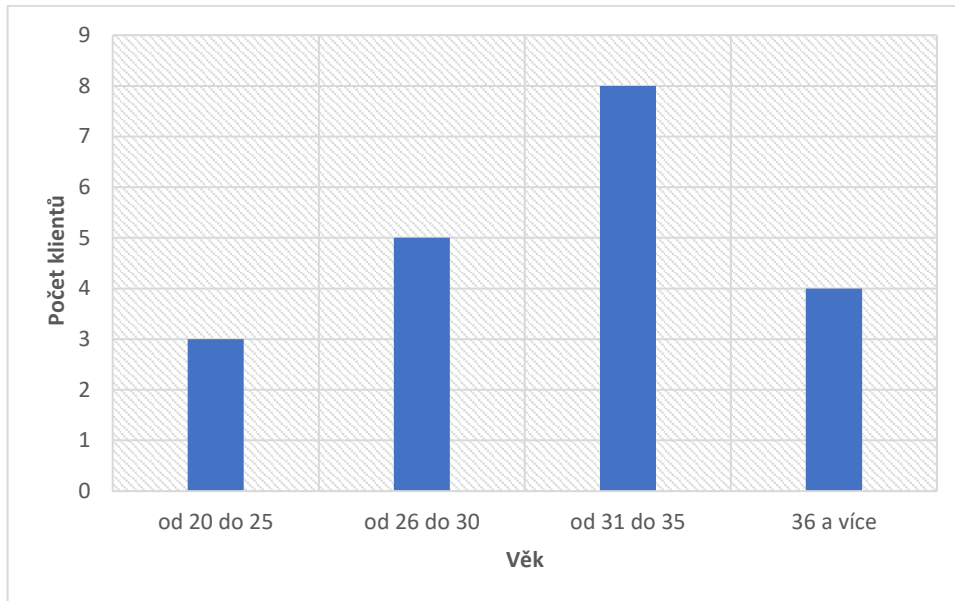
kteřá je překorigovaná o $-1,50$ [Dpt] na pravé oko a o $-0,63$ [Dpt] na levé oko. Vzhledem k tomu, že je klientka a mateřské dovolené, tak nevykonává práci, která by byla náročná na blízkou vzdálenost. Vymyká se tudíž předpokladu a tím se jen potvrzuje, že předpoklad č.1 nejde potvrdit, ani vyvrátit.



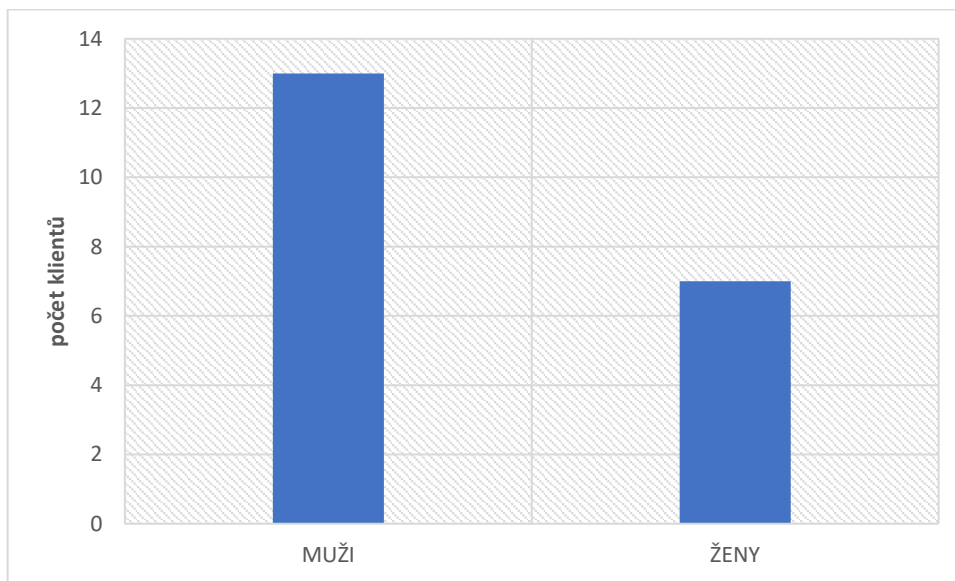
Obrázek 7.7: Procentuální vyjádření klientů nosících a nenosících překorigovanou brýlovou korekci do dálky.



Obrázek 7.8: Klient vykonává zaměstnání náročné na pohled do blízka.



Obrázek 7.9: Rozložení klientů s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku podle věku.



Obrázek 7.10: Počet mužů a žen s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku

8 Diskuse

Pomocí počítačového programu Microsoft Excel a za použití Studentova dvouvýběrového T-testu se potvrdila hypotéza, že rozdíl mezi vyšetření v cykloplegii nebo mydriáze není statisticky významné. Překrytí souborů mezi mydriatiky a cykloplegiky je 34 % na pravém oku a z 36 % na levém oku. Toto lze vysvětlit dominancí oka u kterého nedochází k tak velkému rozdílu po aplikaci mydriatik nebo cykloplegik. Proto je zde prostor pro další výzkum zjišťování rozdílu dioptrických hodnot mezi dominantním a nedominantním okem po aplikaci kapek. V této práci to nebyl cíl zjištění tohoto faktu. Při zjištění tohoto faktu již nebyl prostor pro důkladnější analýzu, protože byl vyhlášen nouzový stav Covid-19 a bylo zneprístupněno pracoviště Gemini pro podrobnější analýzu.

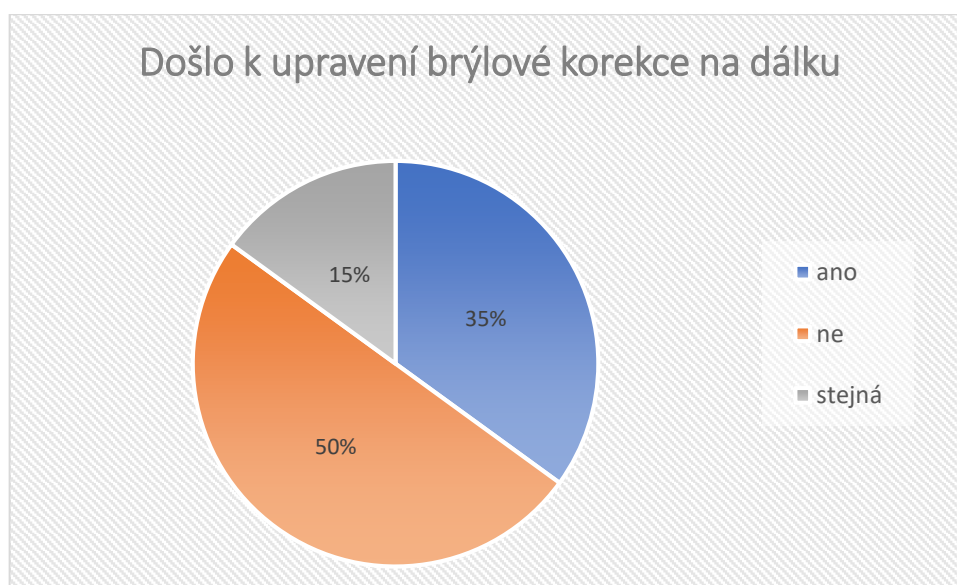
Pro potvrzení spasmu akomodace je nutné vyšetření akomodační amplitudy, ale z dostupných údajů, které klinika poskytla nelze zjistit akomodační šíři. Údaje bohužel nebylo ani možné získat zpětně. Lze ale říci, že dochází k uvolnění akomodace více při aplikaci cykloplegik nebo mydriatik. Zde tedy také vznikl prostor pro další výzkum, zda je opravdu přítomen akomodační spasmus u měřených pacientů. Tyto data se dají získat za pomoci oční kliniky

Původním plánem praktické části bylo i hodnotit o kolik se zmírnily příznaky spojené s akomodačním spasmem, jako jsou například astenopické potíže po předepsání nové brýlové korekce. Bohužel velké množství klientů se zpětně na kontrolu již nedostaví. Zde by bylo lepší se spíše zaměřit opravdu jen na pár případů s akomodačním spasmem, nebo jeho příznaky a zaměřit se na ně. Přizvat si pacienty na vyšetření například do prostor vyšetřoven na FBMI ČVUT a věnovat jim plnou pozornost. Zvat si je v průběhu tří měsíců na pravidelné kontroly. Sledovat, jak reagují na nově předepsanou brýlovou korekci, vyzkoušet s nimi i cviky na uvolňování akomodace a provádět zrakový trénink. Je důležité také neopomenout, že aplikací cykloplegik nebo mydriatik může u myopů dojít pouze k vyrušení přístrojové myopie a že se nemusí vůbec jednat o akomodační spasmus. Základem všeho je proto udělat důkladné vyšetření akomodace a akomodační amplitudy, také je nutné zkontrolovat, zda není přítomna forie.

V anamnéze se vyskytuje spojitost mezi vlivem úrazů a operací hlavy na akomodační spasmus. K hodnocení tohoto vlivu na výsledné hodnoty dioptrií bylo zaznamenáno dat dostatek, ale pozitivní byl pouze jeden klient. Jako možnost posuzování vlivu na akomodační spasmus tedy data nejsou dostatečně relevantní.

Mezi další předpoklady patřilo to, že po výpočtu rozdílů zaznamenaných hodnot před mydriázou a po mydriáze a před cykloplegií a po cykloplegii se budou hodnoty lišit o maximální hodnotu 0,50 Dpt. Tato hypotéza se potvrdila, hodnoty se opravdu liší maximálně o 0,50 Dpt. Předpoklad vycházel ze zkušenosti oftalmologů a optometristů na oční klinice Gemini a.s. K těmto změnám hodnot dochází vlivem povolení tonu ciliárního svalu po aplikaci myotik a cykloplegik.

Poslední hypotézou bylo zhodnotit předpoklad výskytu akomodačního spasmu důsledkem dlouhodobého překorigování u myopických pacientů, s nadměrnou zátěží při práci na blízkou vzdálenost. Tato hypotéza se přímo nepotvrdila, ale také jí nebylo možné vyvrátit, neboť více jak 60 % pacientů s překorigovanou refrakcí má náročnou práci do blízka. Klientům s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku byla předepsána dioptrická korekce nová v 35 % případů (obr. 8.1) Pro potvrzení hypotézy by bylo opět potřeba si vybranou skupinu pacientů přizvat na úplné vyšetření akomodace, aby se vyfiltrovala přesná skupina lidí, u kterých se potvrdí akomodační spasmus. Z této skupiny by se pak dalo přesně zhodnotit, jestli jejich zaměstnání může mít výrazným způsobem vliv na vznik akomodačního spasmu.



Obrázek 8.1: Vyhodnocení, zda došlo k upravení brýlové korekce na dálku.

9 Závěr

Cílem této práce bylo poskytnout ucelený přehled a nástroj k pochopení akomodačního procesu. Teoretická část práce se zabývá jak anatomii jednotlivých částí oka, které ovlivňují akomodaci, tak i vysvětlením jejich jednotlivých funkcí a jejich důležitosti. V další části je popsán proces akomodace, její jednotlivé složky a teorie akomodace. Zjištění a výpočet akomodační amplitudy, blízkého a dalekého bodu V práci se zaměřuji i na faktory ovlivňující akomodaci a návrh jejich možného řešení. Popsané jsou i jednotlivé akomodační poruchy, důsledky a možnosti řešení těchto poruch. V závěru teoretické práce byla popsána myopie a presbyopie. Cíl zadání teoretické práce byl splněn.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo vyhodnotit a zanalyzovat data získaná od oční kliniky Gemini a.s. Mělo být hodnoceno, zda se u vybraných klientů vyskytuje akomodační spasmus, nebo zda není přítomen. Zorientovat se v rozdílech hodnot objektivně měřených při uvolnění tonu ciliárního svalu, jejich zhodnocení a spojitost s vnitřními faktory, jako je věk, pohlaví, zaměstnání a další. Získaná data byla zpracována dle maximálních možností. Byl vyhodnocen rozdíl v naměřených refrakcích pomocí objektivní metody na autorefraktometru a subjektivní metody měření. Bylo zjištěno, že velká část vzorku pacientů pracuje v převážné míře na blízkou vzdálenost.

Ze vzorku 50 lidí chodí s dlouhodobě překorigovanou refrakcí na dálku celkem 20, což je téměř polovina zaznamenaných. Bohužel přítomnost akomodačního spasmu se nepodařilo plně prokázat, neboť s ohledem na situaci s koronavirem byla klinika dočasně uzavřena pro studenty a kompletní data k hodnocení tak nebylo možné získat. Vzorek 20 lidí, kteří chodí dlouhodobě překorigovaní by bylo zajímavé si přizvat na zpětnou kontrolu, po tom, co delší dobu nosí nově předepsanou brýlovou korekci a změřit jejich akomodační schopnost. Tím by se dalo přímo potvrdit, zda se u nich může vyskytovat akomodační spasmus nebo ne.

Praktická část práce byla také zaměřena na hodnocení rozdílů mezi použitím cykloplegik nebo myotik při objektivním vyšetření. Zjištěním bylo, že není statisticky významný rozdíl v tom, který lék použijeme. Významnější roli to pravděpodobně má pro klienta. Cykloplegika mají totiž delší dobu ústupu než myotika, tudíž po aplikaci myotik je návrat akomodace rychlejší a z mého pohledu je to jistě pro pacienta příjemnější.

I přes mnohé komplikace při sběru dat a jejich vyhodnocování jsem ráda, že jsem si tuto práci vybrala. Zaměření bakalářské práce mi bylo velice blízké. Při studiu různých zahraničních článků jsem se dozvěděla spoustu nových věcí a zajímavostí, které mi budou ku prospěchu.

Seznam použité literatury

- [1] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [2] HLOŽÁNEK, Martin a Blanka BRŮNOVÁ. *Přístrojová technika v oftalmologii*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2006. ISBN 80-902160-9-9.
- [3] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [4] NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie. 2.*, dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
- [5] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [6] *Johnsonvision associates: anatomy-of-the-eye* [online]. [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: <https://www.johnsonvisionassociates.com/anatomy-of-the-eye.html#>
- [7] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [8] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7.
- [9] MCCOLLUM, Jim. Ois.net: progress-of-presbyopia-therapies-liquidvision. *OIS* [online]. New York: The Ophthalmology Innovation Summit (OIS), 2017 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://ois.net/progress-of-presbyopia-therapies-liquidvision-2017/>
- [10] PEINADO, G.A., P. MERINO SANZ, I. DEL CERRO PÉREZ a P. GÓMEZ DE LIAÑO SÁNCHEZ. Unilateral accommodation spasm: Case report and literature review. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)* [online]. 2019, 94(6), 285-287 [cit. 2019-10-02]. DOI: 10.1016/j.oftale.2019.01.008. ISSN 21735794. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2173579419300556>
- [11] *Cocky-kontaktni* [online]. [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: <https://www.cocky-kontaktni.cz/slovník/akomodace.html>
- [12] ELLIOTT, David. *Clinical procedures in primary eye care*. 5. Philadelphia: Elsevier, 2020. ISBN 9780702077890.
- [13] KUČERA, P. *Binokulární vidění: přednáška*. Kladno: ČVUT FBMI, 2019.
- [14] GOLDBERG, DB. Reciprocal zonular action. *Eyeworld* [online]. Copyright © 2020 EyeWorld News Service. All rights reserved.: EyeWorld News Service, 2011 [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: <https://www.eyeworld.org/article-reciprocal-zonular-action>
- [15] TUNNACLIFFE, Alan H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. London: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 0-900099-28-3.

- [16] KEIRL, Andrew a Caroline CHRISTIE. *Clinical optics and refraction: a guide for optometrists, contact lens opticians, and dispensing opticians*. New York: Baillière Tindall Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 9780750688895.
- [17] DIETZE, Holger. *Die optometrische Untersuchung*. 2., vollständig überarbeitete Auflage. New York: Thieme, 2015. ISBN 978-3-13-142232-3.
- [18] VOGEL, H.Wolfgang a Andreas BERKE. *Brief History of Vision and Ocular Medicine*. 1. Amsterdam: Kugler Publications, 2009. ISBN 978 90 6299 220 1.
- [19] BAŠTECKÝ, Richard. *Praktická brýlová optika*. Na Petynce 90/151, Praha 6, 16000: R+H Optik.
- [20] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [21] ANTON, Milan. Korekce refrakčních vad u dětí. *Česká oční optika*. 2007, 48(4), 18. ISSN 1211-233X
- [22] EVANS, Bruce J. W. a David PICKWELL. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, c2007. ISBN 9780750688970.
- [23] EPERJESI, Frank a Michelle M RUNDSTRÖM. *Practical Binocular Vision Assessment*. Birmingham/Nottingham: BUTTERWORTH-HEINEMANN An imprint of Elsevier Limited, 2004. ISBN 978-0-7506-5010-6.
- [24] LINDBERG, L. Spasm of accommodation. *Ncbi.nlm.nih* [online]. Silmätautien erikoislääkäri HYKS: silmätautien klinikka, 2014, 2006, 30(2):168-73 [cit. 2019-12-20]. 24605432. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24605432>
- [25] HRUŠKOVÁ, Jitka. *Optická prostředí oka* [online]. Brno, 2009 [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: https://docplayer.cz/46003843-Masarykova-univerzita-lekarska-fakulta.html#show_full_text. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Sylvie Petrová.
- [26] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. Second Auflage. Philadelphia: LWW; Edice: Second, 2002. ISBN 978-0781732758.
- [27] *Vision Excellence* [online]. Suite 309, 4 Columbia Court, Norwest Business Park, Baulkham Hills NSW 2153: COPYRIGHT VISION EXCELLENCE - HILLS DISTRICT OPTOMETRIST, 2006 [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: <https://www.visionexcellence.com.au/common-eye-conditions/myopia-short-sightedness/>
- [28] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992--2.
- [29] SEJVAL, Ing. Jan. *Akomodace*. Olomouc, 2009. Bakalářská práce. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA KATEDRA OPTIKY. Vedoucí práce RNDr. František Pluháček, Ph.D.

- [30] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [31] W.K.TING, Patrick, Katrina L.SCHMI, Carly S.Y.LAMA a Marion H.EDWARDS. Objective real-time measurement of instrument myopia in microscopists under different viewing conditions. *Vision Research*. 2006, 46(15), 2354-2362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.01.014>.
- [32] OW, Richards. Instrument myopia--microscopy. In: *Europe pmc* [online]. U.S.: American Journal of Optometry and Physiological Optics, 1976 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/1015520>
- [33] Stanovení a ověření přídávku na blízko u presbyopie. In: *Is.muni* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2016 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/10-presbyopie.html
- [34] *Sk.sainte-anastasie: sainte-anastasie* [online]. Slovensko: sk.sainte-anastasie, 2020 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://sk.sainte-anastasie.org/articles/medicina-y-salud/midriasis-dilatacin-extrema-de-la-pupila-sntomas-causas-y-tratamiento.html>

Seznam symbolů a zkratek

AŠ, AA	Akomodační šíře = akomodační amplituda [Dpt]
A _R	Daleký bod (punctum remotum)
A _P	Blízký bod (punctum proximum)
a _R	Vzdálenost dalekého bodu [m]
a _P	Vzdálenost blízkého bodu [m]
NPA	Blízký bod akomodace
CNS	Centrální nervová soustava
AC/A	Poměr akomodační konvergence a akomodace
m	metr
mm	milimetr
Dpt	dioptrie

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Anatomie předního segmentu oka [6].....	3
Obrázek 3.1: Jednoduchý nákres průběhu akomodace [11].....	6
Obrázek 3.2: Ukázka principu Helmholtzovy teorie akomodace [3].....	7
Obrázek 3.3: Ukázka principu teorie akomodace podle Schachara a Tscherninga [3].....	8
Obrázek 4.1: Duanova křivka. [25].....	18
Obrázek 5.1: Ukázka dopadu paprsku při korekci myopie. [27].....	24
Obrázek 6.1: Věkové zastoupení klientů.....	26
Obrázek 6.2: Zastoupení mužů a žen v procentech.....	27
Obrázek 6.3: Rozdělení klientů podle druhu aplikovaných medikamentů.....	28
Obrázek 6.4: Autorefraktokeratotonometr NIDEK TonoRef II (vlastní fotodokumentace)....	29
Obrázek 6.5: Automatický foropter NIDEK RT-5100 (vlastní fotodokumentace).....	29
Obrázek 6.6: LCD optotyp NIDEK System Chart SC-1600 (vlastní fotodokumentace).....	30
Obrázek 7.1: Rozdělení klientů dle hodnot Myopie pro OP.....	31
Obrázek 7.2: Rozdělení klientů dle hodnot Myopie pro OL.....	32
Obrázek 7.3: Náročnost zaměstnání na pohled do blízké nebo střední vzdálenosti. Znáznomeno v procentech.....	32
Obrázek 7.4: Pohled na oko v mydriáze [34].....	33
Obrázek 7.5: Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v CYKLO.....	35
Obrázek 7.6: Objektivní měření pomocí ARK x Objektivní měření v MYD.....	35
Obrázek 7.7: Procentuální vyjádření klientů nosících a nenosících překorigovanou brýlovou korekci do dálky.	36
Obrázek 7.8: Klient vykonává zaměstnání náročné na pohled do blízka.....	36
Obrázek 7.9: Rozložení klientů s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku podle věku.	37
Obrázek 7.10: Počet mužů a žen s dlouhodobě překorigovanou korekcí na dálku.....	37
Obrázek 8.1: Vyhodnocení, zda došlo k upravení brýlové korekce na dálku.	39

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka předpokládaných hodnot akomodační amplitudy v závislosti na věku [22]	12
Tabulka 2: Závislost věku a pracovní vzdálenosti na hodnotě adice. [29].....	19
Tabulka 3: Porovnání rozdílů hodnot naměřených v cykloplegii a mydriáze.....	34

Seznam příloh

Příloha A: Zaznamenaná data	48
Příloha B: Průběžné výsledky rozdílu mezi cykloplegií a ARK	53
Příloha C: Průběžné výsledky rozdílu mezi mydriázou a ARK	54

Příloha A: Zaznamenaná data

klient č.	pohlaví	věk	léky na (stres, deprese ...)	NA PC víc jak 6h denne	zaměstnání náročné na blízkou vzdálenost	psychicky náročné zaměstnání	druh zaměstnání
1	m	24	0	ne	ano	ne	student
2	z	42	0	ano	ano	ano	účetní
3	m	36	astma	ne	ne	ano	řidič
4	m	31	0	ano	ano	ano	vývojář
5	m	29	0	ne	ne	ne	správce
6	z	30	0	ano	ano	ne	práce na pc
7	m	30	0	ne	ano	ano	logistika
8	z	23	ha	ne	ano	ne	student
9	m	32	0	ano	ano	ano	programátor
10	m	34	antidepresiva	ano	ano	ano	it
11	z	38	0	ne	ano	ano	novinářka
12	z	29	0	ano	ano	ne	pc
13	m	32	na hypertenzi	ano	ano	ne	pc
14	z	24	ha	ne	ano	ne	student
15	m	41	0	ano	ano	ne	pc
16	m	44	0	ne	ano	ne	archivář
17	m	23	0	ne	ne	ano	stavební dozor
18	m	32	0	ano	ano	ne	pc
19	z	31	0	ano	ano	ne	pc
20	m	30	0	ne	ne	ano	voják
21	z	31	0	ne	ano	ano	zdrav sestra sálová
22	z	34	na srdce	ano	ano	ne	pc
23	m	18	0	ne	ne	ano	číšník
24	m	23	0	ne	ne	ano	u policie
25	z	33	0	ne	ano	ano	sociální prac.
26	m	23	0	ne	ne	ano	osvč
27	z	30	0	ano	ano	ne	pc
28	z	29	ha	ne	ne	ano	makléř
29	m	28	0	ne	ne	ano	řidič, záchranář
30	z	28	0	ano	ano	ne	pc
31	m	31	0	ano	ano	ne	pc
32	m	28	0	ano	ano	ne	pc
33	m	18	0	ano	ano	ne	student
34	z	23	0	ne	ano	ne	student
35	m	29	0	ano	ano	ano	it
36	z	25	0	ne	ne	ne	v domácnosti
37	z	22	0	ano	ano	ne	student
38	m	34	0	ne	ano	ne	elektrikář
39	z	38	0	ne	ne	ano	MD
40	m	35	0	ne	ne	ano	obchodník

41	m	34	0	ano	ano	ne	pc
42	m	31	0	ne	ano	ne	svářeč
43	m	33	0	ano	ano	ano	učitel
44	z	27	0	ano	ano	ano	administrativa
45	m	21	0	ne	ne	ne	nezaměstnaný
46	m	27	0	ne	ne	ne	skladník
47	z	31	0	ne	ne	ne	lektorka jogy
48	z	36	0	ne	ne	ano	MD
49	m	33	0	ano	ano	ano	it
50	m	23	0	ne	ne	ne	montážní dělník

klient č.	zdravotní stav	operace hlavy	úrazy hlavy	úrazy očí	CY/MYD	operace očí
1	0	ne	ne	ne	M	ne
2	0	ne	ne	ne	M	ne
3	0	ne	ne	ne	M	ne
4	0	ne	ne	ne	M	ne
5	0	ne	ne	ne	M	ne
6	0	ne	ne	ne	M	ne
7	0	ne	ne	ne	M	ne
8	0	ne	ne	ne	M	ne
9	0	ne	ne	ne	C	ne
10	0	ne	ne	ne	C	ne
11	0	ne	ne	ne	M	ne
12	0	ne	ne	ne	M	ne
13	0	ne	ne	ne	M	ne
14	0	ne	ne	ne	M	ne
15	0	ne	ne	ne	M	ne
16	0	ne	ne	ne	M	ne
17	0	ne	ne	ne	C	ne
18	0	ne	ne	ne	M	ne
19	0	ne	ne	ne	C	ne
20	0	ne	ne	ne	C	ne
21	astma	ne	ne	ne	M	ne
22	chemo, poslední 2019	ne	ne	ne	M	ne
23	0	ne	ne	ne	C	ne
24	0	ne	ne	ne	M	ne
25	0	ne	ne	ne	M	ne
26	0	ne	ne	ne	M	ne
27	0	ne	ne	ne	C	ne
28	0	ne	ne	ne	M	ne
29	0	ne	ne	ne	M	ne
30	0	ne	ne	ne	M	ne

31	0	ne	ne	ne	C	ne
32	0	ne	ne	ano	M	ne
33	0	ne	ne	ne	M	ne
34	0	ne	ne	ne	M	ne
35	dětská mozková obrta	ne	ne	ne	M	ne
36	0	ne	ne	ne	C	ne
37	0	ne	ne	ne	M	ne
38	0	ne	ne	ne	M	ne
39	0	ne	ne	ne	C	ne
40	marfanuf syndrom	ne	ne	ne	M	ne
41	0	ne	ne	ne	M	ne
42	0	ne	ne	ne	M	ne
43	0	ne	ne	ne	M	ne
44	0	ne	ne	ne	M	ne
45	fraktura lebeční kosti 2007	ne	ano	ne	C	ne
46	0	ne	ne	ne	M	ne
47	0	ne	ne	ne	M	ne
48	0	ne	ne	ne	C	ne
49	0	ne	ne	ne	M	ano
50	0	ne	ne	ne	M	ne

klient č.	Objektivní ref.											
	ARK						v mydriáze/cyklo					
		P			L			P			L	
S	C	SE	S	C	SE	S	C	SE	S	C	SE	
1	-1,00	-1,00	-1,50	-0,75	-2,25	-1,88	-1,00	-1,00	-1,50	-0,50	-2,50	-1,75
2	-1,25	-0,75	-1,63	-1,25	-0,75	-1,63	-1,25	-0,75	-1,63	-1,25	-0,75	-1,63
3	-1,50	-1,00	-2,00	-2,25	-0,25	-2,38	-1,50	-1,00	-2,00	-2,25	-0,25	-2,38
4	-1,25	-2,00	-2,25	-1,50	-0,25	-1,63	-0,75	-2,50	-2,00	-1,00	-0,25	-1,13
5	-6,75	-0,50	-7,00	-5,50	-0,50	-5,75	-6,50	-0,75	-6,88	-5,25	-0,25	-5,38
6	-9,25		-9,25	-8,50		-8,50	-9,00	-0,25	-9,13	-8,00	-0,25	-8,13
7	-1,25	-0,25	-1,38	-1,25	-0,25	-1,38	-1,00	-0,25	-1,13	-1,00	-0,25	-1,13
8	-5,75	-0,50	-6,00	-5,75	-0,50	-6,00	-5,75	-0,25	-5,88	-6,00	-0,50	-6,25
9	-0,25	-1,25	-0,88	0,00	-0,75	-0,38	0,75	-1,50	0,00	0,50	-1,00	0,00
10	-1,00	-0,50	-1,25	2,75	-4,50	0,50	-0,50	-0,50	-0,75	3,00	-4,50	0,75
11	-6,50	-0,50	-6,75	-5,50	-1,00	-6,00	-6,75	-0,25	-6,88	-4,75	-0,75	-5,13
12	-2,25	-1,75	-3,13	-2,00	-1,50	-2,75	-2,25	-1,25	-2,88	-2,00	-1,50	-2,75
13	-0,75	-1,25	-1,38	-0,75	-1,00	-1,25	-0,75	-1,25	-1,38	-1,00	-1,25	-1,63
14	-5,25	-0,25	-5,38	-5,75	-0,50	-6,00	-5,00	-0,25	-5,13	-5,75	-0,50	-6,00

15	-9,75	-1,00	-10,25	-10,25	-0,25	-10,38	-9,50	-1,00	-10,00	-10,00	-0,50	-10,25
16	-3,00	-0,75	-3,38	-3,25	-0,75	-3,63	-2,75	-0,75	-3,13	-3,00	-0,75	-3,38
17	-1,00	-0,50	-1,25	-1,00	-0,50	-1,25	-0,75	-0,25	-0,88	-1,00	-0,25	-1,13
18	-4,00	-0,25	-4,13	-4,75		-4,75	-3,75	-0,25	-3,88	-4,25	-0,25	-4,38
19	-6,75	-0,25	-6,88	-6,00	-0,25	-6,13	-6,25	-0,75	-6,63	-6,00	-0,25	-6,13
20	-0,25	-1,25	-0,88	-1,00	-1,25	-1,63	0,25	-1,50	-0,50	-0,75	-1,25	-1,38
21	-3,00	-0,25	-3,13	-3,00		-3,00	-3,25	-0,25	-3,38	-3,00	-0,25	-3,13
22	-4,25	-0,25	-4,38	-4,00	-0,50	-4,25	-4,25		-4,25	-3,75	-0,50	-4,00
23	-5,00	-1,25	-5,63	-5,00	-1,75	-5,88	-4,75	-1,25	-5,38	-5,00	-1,75	-5,88
24	-0,50	-0,75	-0,88	-0,50	-1,00	-1,00	-0,50	-1,00	-1,00	-0,50	-1,00	-1,00
25	-3,25	-0,25	-3,38	-3,50		-3,50	-2,50	-0,25	-2,63	-3,25		-3,25
26	-6,75	-0,50	-7,00	-6,50	-0,25	-6,63	-6,25	-0,50	-6,50	-6,00	-0,25	-6,13
27	-4,25	-0,50	-4,50	-4,00	-1,50	-4,75	-3,75	-0,50	-4,00	-3,75	-1,50	-4,50
28	-2,25	-0,25	-2,38	-1,50	-0,75	-1,88	-2,00	-0,50	-2,25	-1,50	-0,75	-1,88
29	-2,75	-0,25	-2,88	-2,25	-0,25	-2,38	-2,50	-0,25	-2,63	-2,00	-0,25	-2,13
30	-0,50	-2,50	-1,75	-0,75	-2,00	-1,75	0,25	-2,70	-1,10	-0,25	-2,25	-1,38
31	-0,25	-1,25	-0,88	-0,25	-1,50	-1,00	0,25	-1,25	-0,38	-0,25	-1,25	-0,88
32	-2,00	-1,00	-2,50	-2,25	-0,50	-2,50	-1,50	-1,00	-2,00	-1,75	-0,50	-2,00
33	-2,50	-0,25	-2,63	-1,75	-1,00	-2,25	-2,00	-0,50	-2,25	-2,00	-0,75	-2,38
34	-1,50	-1,00	-2,00	-2,25	-0,50	-2,50	-1,25	-1,00	-1,75	-2,00	-0,50	-2,25
35	-9,25	-1,00	-9,75	-8,75	-1,50	-9,50	-8,00	1,25	-7,38	-7,75	-1,25	-8,38
36	-3,75	-0,75	-4,13	-0,75	-1,00	-1,25	-3,25	-0,75	-3,63	-0,25	-1,00	-0,75
37	-2,75		-2,75	-2,50	-0,25	-2,63	-2,50		-2,50	-2,50	-0,25	-2,63
38	-1,00	-2,50	-2,25	-1,00	-2,25	-2,13	-0,75	-2,25	-1,88	-0,75	-2,25	-1,88
39	-1,25	-0,75	-1,63	-1,50	-0,75	-1,88	-1,00	-0,75	-1,38	-1,00	-1,00	-1,50
40	-4,00	-1,00	-4,50	-4,00	-1,00	-4,50	-3,50	-0,75	-3,88	-3,25	-1,25	-3,88
41	-3,00	-0,50	-3,25	-3,00	-0,25	-3,13	-2,75	-0,75	-3,13	-3,00	-0,50	-3,25
42	-2,50	-0,25	-2,63	-2,50	-0,50	-2,75	-2,25	-0,25	-2,38	-2,25	-0,25	-2,38
43	-3,25	-0,75	-3,63	-3,25	-0,25	-3,38	-2,25	-0,75	-2,63	-3,00		-3,00
44	-4,00	-0,25	-4,13	-3,50	-0,75	-3,88	-3,25	-0,50	-3,50	-2,50	-0,50	-2,75
45	-4,50	-0,50	-4,75	-5,50	-0,25	-5,63	-4,50	-0,50	-4,75	-4,50	-0,50	-4,75
46	-2,25	-0,50	-2,50	-2,50		-2,50	-2,25	-0,25	-2,38	-2,00	-0,25	-2,13
47	-3,00	-0,50	-3,25	-2,50	-0,25	-2,63	-2,50	-0,25	-2,63	-2,00	-0,25	-2,13
48	-0,50	-1,00	-1,00	-0,25	-2,50	-1,50	0,50	-1,25	-0,13	0,75	-2,25	-0,38
49	-4,25	-0,50	-4,50	-4,00	-0,50	-4,25	-4,25	-0,25	-4,38	-3,75	-0,50	-4,00
50	-4,00	-0,25	-4,13	-3,75	-0,25	-3,88	-4,00		-4,00	-3,75	-0,25	-3,88

klient č.	Subjektiví ref.						Vlastní korekce					
	S	P	SE	S	L	SE	S	P	SE	S	L	SE
1	-1,25	-0,75	-1,63	-1,00	-2,25	-2,13	-1,00	-0,75	-1,38	-0,75	-1,75	-1,63
2	-1,50	-0,75	-1,88	-1,50	-1,00	-2,00	-2,00		-2,00	-2,00		-2,00
3	-1,50	-0,75	-1,88	-2,25	-0,25	-2,38	-2,50		-2,50	-2,25		-2,25
4	-1,25	-1,75	-2,13	-1,25	-0,50	-1,50	-1,50	-1,00	-2,00	-1,25	-0,75	-1,63
5	-7,25	-0,75	-7,63	-5,75	-0,50	-6,00	-5,50	-0,75	-5,88	-4,50		-4,50
6	-9,50		-9,50	-8,75	-0,25	-8,88	-8,25		-8,25	-8,25		-8,25
7	-1,50	-0,50	-1,75	-1,50	-0,25	-1,63	-1,00		-1,00	-1,00		-1,00
8	-6,00	-0,50	-6,25	-6,00	-0,50	-6,25	-5,50	-0,50	-5,75	-5,50	-0,50	-5,75
9	-0,50	-1,25	-1,13	-0,50	-0,75	-0,88	-1,00		-1,00	-1,00		-1,00
10	-1,25	-0,50	-1,50	2,50	-4,75	0,13	-1,00	-0,50	-1,25	2,25	-4,25	0,13
11	-6,75	-0,25	-6,88	-5,75	-0,25	-5,88	-6,25		-6,25	-5,00	-0,25	-5,13
12	-2,50	-1,25	-3,13	-2,50	-1,50	-3,25	-2,25	-0,75	-2,63	-2,50	-0,50	-2,75
13	-1,00	-1,25	-1,63	-1,00	-1,25	-1,63	-1,00	-0,75	-1,38	-1,25	-0,75	-1,63
14	-5,25	-0,25	-5,38	-6,00	-0,25	-6,13	-5,00		-5,00	-5,25		-5,25
15	-10,25	-0,75	-10,63	-10,25	-0,25	-10,38	-8,00		-8,00	-8,75		-8,75
16	-3,00	-0,75	-3,38	-3,00	-1,00	-3,50	-2,50	-0,50	-2,75	-2,25	-0,50	-2,50
17	-1,00	-0,50	-1,25	-1,00	-0,50	-1,25	-1,25		-1,25	-1,25	-0,25	-1,38
18	-4,25		-4,25	-5,00		-5,00	-4,25		-4,25	-4,00		-4,00
19	-7,00	-0,75	-7,38	-6,50	-0,25	-6,63	-6,25		-6,25	-6,25		-6,25
20	-0,50	-1,25	-1,13	-1,00	-1,00	-1,50	-0,50	-0,50	-0,75	-0,50	-0,50	-0,75
21	-3,00		-3,00	-3,00		-3,00	-2,75		-2,75	-3,00		-3,00
22	-4,25	-0,25	-4,38	-4,00	-0,50	-4,25	-4,50		-4,50	-4,50		-4,50
23	-5,25	-1,25	-5,88	-5,00	-1,75	-5,88	-4,00		-4,00	-4,00		-4,00
24	-0,75	-1,00	-1,25	-0,75	-0,75	-1,13	-0,75	-0,75	-1,13	-0,75	-0,50	-1,00
25	-3,50		-3,50	-3,50	-0,25	-3,63	-2,50		-2,50	-3,25		-3,25
26	-6,50	-0,50	-6,75	-6,25	-0,25	-6,38	-5,25		-5,25	-5,50		-5,50
27	-3,75	-0,75	-4,13	-4,25	-1,25	-4,88	-4,50		-4,50	-4,50		-4,50
28	-2,25	-0,25	-2,38	-1,75	-1,00	-2,25	-1,50		-1,50	-1,50		-1,50
29	-2,75	-0,25	-2,88	-2,25		-2,25	-1,50	-0,25	-1,63	-1,50		-1,50
30	-0,75	-2,25	-1,88	-1,00	-1,75	-1,88	-1,00	-1,75	-1,88	-1,25	-1,00	-1,75
31	-0,25	-1,25	-0,88	0,00	-1,50	-0,75	0,00		0,00	0,00		0,00
32	-2,00	-0,75	-2,38	-2,25	-0,25	-2,38	-2,00	-0,25	-2,13	-2,75	-0,25	-2,88
33	-2,25	-0,25	-2,38	-1,75	-1,00	-2,25	-2,00		-2,00	-1,75	-0,75	-2,13
34	-1,50	-1,00	-2,00	-2,50	-0,25	-2,63	-1,25	-0,75	-1,63	-2,25		-2,25
35	-8,25	-1,00	-8,75	-8,50	-1,50	-9,25	-7,50	-0,50	-7,75	-7,50	-1,00	-8,00
36	-3,75	-1,00	-4,25	-1,00	-1,00	-1,50	-1,00	-0,25	-1,13	-0,75	-0,50	-1,00
37	-3,00		-3,00	-2,75		-2,75	-2,75		-2,75	-3,00		-3,00
38	-1,25	-2,25	-2,38	-1,50	-1,75	-2,38	0,00		0,00	0,00		0,00
39	-1,50	-1,00	-2,00	-1,75	-0,75	-2,13	-2,25	-1,25	-2,88	-1,75	-0,75	-2,13
40	-4,00	-1,00	-4,50	-4,00	-1,00	-4,50	-4,25		-4,25	-4,00		-4,00
41	-3,00	-0,50	-3,25	-3,00	-0,25	-3,13	-2,50		-2,50	-2,50		-2,50
42	-2,75	-0,25	-2,88	-2,75	-0,50	-3,00	-2,50	-0,50	-2,75	-2,00	-0,50	-2,25

43	-3,25	-0,75	-3,63	-3,25	-0,25	-3,38	-3,50	-0,50	-3,75	-3,25		-3,25
44	-3,50	-0,50	-3,75	-3,75	-0,75	-4,13	-3,50		-3,50	-3,25		-3,25
45	-4,00	-0,50	-4,25	-4,00	-0,50	-4,25	-3,50		-3,50	-3,50		-3,50
46	-2,50	-0,50	-2,75	-2,75		-2,75	-2,00	-0,25	-2,13	-2,25		-2,25
47	-3,00	-0,50	-3,25	-2,50	-0,25	-2,63	-2,50		-2,50	-2,00		-2,00
48	-0,50	-1,00	-1,00	-0,50	-2,50	-1,75	-0,50	-1,50	-1,25	-0,50	-2,25	-1,63
49	-4,50	-0,25	-4,63	-4,00	-0,50	-4,25	-4,50		-4,50	-4,25		-4,25
50	-4,00		-4,00	-3,75	-0,25	-3,88	-3,75		-3,75	-3,75		-3,75

Příloha B: Průběžné výsledky rozdílu mezi cykloplegií a ARK

ARK SE (Dpt)		Cyklo SE (Dpt)		Rozdíl hodnot		
OP	OL	OP	OL	OP	OL	
-0,88	-0,38	0,00	0,00	0,88	0,38	
-1,25	0,50	-0,75	0,75	0,50	0,25	
-1,25	-1,25	-0,88	-1,13	0,38	0,13	
-6,88	-6,13	-6,63	-6,13	0,25	0,00	
-0,88	-1,63	-0,50	-1,38	0,38	0,25	
-5,63	-5,88	-5,38	-5,88	0,25	0,00	
-4,50	-4,75	-4,00	-4,50	0,50	0,25	
-0,88	-1,00	-0,38	-0,88	0,50	0,13	
-4,13	-1,25	-3,63	-0,75	0,50	0,50	
-1,63	-1,88	-1,38	-1,50	0,25	0,38	
-4,75	-5,63	-4,75	-4,75	0,00	0,88	
-1,00	-1,50	-0,13	-0,38	0,88	1,13	
				průměr	0,44	0,35
				směrodatná odchylka	0,24	0,33

Příloha C: Průběžné výsledky rozdílu mezi mydriázou a ARK

ARK SE (Dpt)		Mydri. SE (Dpt)			Rozdíl hodnot (Dpt)	
OP	OL	OP	OL		OP	OL
-1,50	-1,88	-1,50	-1,75		0,00	0,13
-1,63	-1,63	-1,63	-1,63		0,00	0,00
-2,00	-2,38	-2,00	-2,38		0,00	0,00
-2,25	-1,63	-2,00	-1,13		0,25	0,50
-7,00	-5,75	-6,88	-5,38		0,13	0,38
-9,25	-8,50	-9,13	-8,13		0,13	0,38
-1,38	-1,38	-1,13	-1,13		0,25	0,25
-6,00	-6,00	-5,88	-6,25		0,13	-0,25
-6,75	-6,00	-6,88	-5,13		-0,13	0,88
-3,13	-2,75	-2,88	-2,75		0,25	0,00
-1,38	-1,25	-1,38	-1,63		0,00	-0,38
-5,38	-6,00	-5,13	-6,00		0,25	0,00
-10,25	-10,38	-10,00	-10,25		0,25	0,13
-3,38	-3,63	-3,13	-3,38		0,25	0,25
-4,13	-4,75	-3,88	-4,38		0,25	0,38
-3,13	-3,00	-3,38	-3,13		-0,25	-0,13
-4,38	-4,25	-4,25	-4,00		0,13	0,25
-0,88	-1,00	-1,00	-1,00		-0,13	0,00
-3,38	-3,50	-2,63	-3,25		0,75	0,25
-7,00	-6,63	-6,50	-6,13		0,50	0,50
-2,38	-1,88	-2,25	-1,88		0,13	0,00
-2,88	-2,38	-2,63	-2,13		0,25	0,25
-1,75	-1,75	-1,10	-1,38		0,65	0,38
-2,50	-2,50	-2,00	-2,00		0,50	0,50
-2,63	-2,25	-2,25	-2,38		0,38	-0,13
-2,00	-2,50	-1,75	-2,25		0,25	0,25
-9,75	-9,50	-7,38	-8,38		2,38	1,13
-2,75	-2,63	-2,50	-2,63		0,25	0,00
-2,25	-2,13	-1,88	-1,88		0,38	0,25
-4,50	-4,50	-3,88	-3,88		0,63	0,63
-3,25	-3,13	-3,13	-3,25		0,13	-0,13
-2,63	-2,75	-2,38	-2,38		0,25	0,38
-3,63	-3,38	-2,63	-3,00		1,00	0,38
-4,13	-3,88	-3,50	-2,75		0,63	1,13
-2,50	-2,50	-2,38	-2,13		0,13	0,38
-3,25	-2,63	-2,63	-2,13		0,63	0,50
-4,50	-4,25	-4,38	-4,00		0,13	0,25
-4,13	-3,88	-4,00	-3,88		0,13	0,00
				průměr	0,31	0,25
				směrodatná odchylka	0,42	0,33