

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

**TEREZA
PAŘÍZKOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Závislost akomodační pružnosti na refrakční vadě a věku

Dependence of accommodation facility on refractive error and age

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Tereza Pařízková

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jakub Král

Zadání práce



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Pařízková	Jméno:	Tereza	Osobní číslo:	496252
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:

Závislost akomodační pružnosti na refrakční vadě a věku

Název bakalářské práce anglicky:

Dependence of accommodation facility on refractive error and age

Pokyny pro vypracování:

Student popíše v úvodních kapitolách klasifikaci teorie akomodace a anatomii s ní spojenou. Dále popíše vyšetření akomodace a jejich možné ovlivnění léky. V rámci praktické části zjistí a ověří vliv stáří a refrakční vady na akomodaci a vyšetří akomodační facilitu na dálku a na blízko.

Seznam doporučené literatury:

- [1] KUCHYNKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8
- [2] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [3] CACHO-MARTÍNEZ, P., CANTÓ-CERDÁN, M., CARBONELL-BONETE, S., et al., Characterization of Visual Symptomatology Associated with Refractive, Accommodative, and Binocular Anomalies, Journal of Ophthalmology, ročník 2015, číslo 1, 2015, pp. 1-13 s., DOI:10.1155/2015/895803

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Jakub Král

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.
vedoucí katedryprof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

Název bakalářské práce: Závislost akomodační pružnosti na refrakční vadě a věku

Abstrakt:

Bakalářská práce se věnuje rozsáhlému tématu akomodace. V úvodních kapitolách je popsána fyziologie a anatomie jednotlivých struktur oka, které se podílejí na akomodaci. Dalším bodem je mechanismus akomodace a jednotlivé složky. Hluběji zde jsou popsány poruchy akomodace, ať už fyziologické, tak patologické. Další část práce je věnována základním pojmům popisující akomodaci jako je daleký bod, blízký bod, akomodační šíře a akomodační amplituda. Nedílnou součástí je také popis metod vyšetření akomodace, kde je zahrnuta akomodační šíře a akomodační facilitita. V závěru teoretické části je popsán mechanismus konvergence, možné poruchy a také metody vyšetření. Experimentální část práce se bude zabývat akomodační facilitou a jejími změnami s ohledem na refrakční stav probandů a jejich věk. Celkem bude vyšetřeno 20 probandů a následně bude provedeno statické zpracování a porovnání naměřených hodnot.

Klíčová slova:

Akomodace, akomodační pružnost, akomodační poruchy, presbyopie, věk

Abstrakt

Bachelor thesis: Dependence of accommodation facility on refractive error and age

Abstract:

Bachelor thesis deals with the topic of accommodation. At the beginning of the work, the physiology and anatomy of individual structures of the eye that participate in accommodation are described. The next point is the accommodation mechanism and individual components. Accommodation disorders are described here, both physiological and pathological. The next part of the work is devoted to individual concepts such as far point, near point, accommodation width and accommodation amplitude. The next part is a description of accommodation methods. At the end of the theoretical part, the mechanism of convergence, possible disorders and also the methods of examination are described. The experimental part of the work deals with accommodation elasticity and its changes with respect to the refractive state of probands and their age. A total of 20 probands were examined, followed by static processing and comparison of measured values.

Key words:

Accommodation, accommodation flexibility, accommodation disorders, presbyopia, age

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Jakubu Královi za vstřícnost, cenné rady a odbornou pomoc při sepsání mé bakalářské práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Závislost akomodační pružnosti na refrakční vadě a věku“ 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	Akomodace.....	2
2.1	Anatomické struktury oka podílející se na akomodaci	2
2.1.1	Řasnaté tělísko.....	2
2.1.2	Oční čočka	3
2.1.3	Závěsný aparát čočky	5
2.2	Mechanismus akomodace	5
2.3	Teorie akomodace.....	6
2.3.1	Helmholtzova (kapsulární) teorie	6
2.3.2	Colemanova teorie.....	7
2.3.3	Teorie podle Schachara a Tscherninga.....	8
2.4	Složky akomodace	8
2.4.1	Reflexní složka	9
2.4.2	Vergenční složka	9
2.4.3	Proximální složka	9
2.4.4	Tonická složka.....	9
2.5	Faktory ovlivňující akomodaci	10
2.5.1	Věk.....	10
2.5.2	Hloubka ostrosti oka.....	10
2.5.3	Axiální refrakce	11
2.5.4	Akomodační deficit a vzdálenosti objektu	11
2.5.5	Akomodační mikro odchylky	11
2.5.6	Chromatická aberace	12
2.5.7	Mandlovníkový efekt.....	12

2.5.8	Léky	12
3	Poruchy akomodace	13
3.1	Fyziologické poruchy akomodace – presbyopie	13
3.1.1	Příznaky presbyopie	14
3.1.2	Léčba presbyopie	14
3.2	Patologické poruchy akomodace	15
3.2.1	Exces akomodace	15
3.2.2	Spasmus akomodace	16
3.2.3	Insuficience akomodace	16
3.2.4	Obrna akomodace	17
4	Charakteristika akomodace	17
4.1	Daleký bod	17
4.2	Blízký bod	18
4.3	Akomodační oblast	19
4.4	Akomodační šíře (akomodační amplituda)	19
5	Akomodační facilita	21
6	Subjektivní metody vyšetření akomodace	21
6.1	Akomodační šíře	21
6.1.1	Push – up metoda	21
6.1.2	Push down – metoda	22
6.1.3	Metoda rozptylné čočky	22
6.2	Akomodační facilita	24
6.2.1	Near – far test	24
6.2.2	Flipper test	24
6.3	Relativní akomodace	26
7	Konvergence	27
7.1	Mechanismus konvergence	27

7.1.1	Okohybné svaly	27
7.1.2	Motilita	28
7.2	Složky vergence	28
7.2.1	Tonická konvergence.....	28
7.2.2	Proximální konvergence	28
7.2.3	Akomodační konvergence	28
7.2.4	Fúzní konvergence.....	29
7.3	Poruchy vergence.....	29
7.3.1	Exces konvergence	29
7.3.2	Exces divergence	29
7.3.3	Insuficience konvergence	30
7.3.4	Insuficience divergence	30
7.3.5	Základní esoforie	30
7.3.6	Základní exofovie.....	30
7.3.7	Dysfunkce fúzní vergence	31
7.4	Metody vyšetření konvergence	31
7.4.1	Blízký bod konvergence (NPC).....	31
7.4.2	Vergenční facilita	31
7.4.3	Fúzní rezervy	32
8	Praktická část.....	33
8.1	Úvod do problematiky	33
8.2	Metodika práce.....	33
8.3	Výsledky	36
8.3.1	Duanova křivka.....	36
8.3.2	Akomodační facilita do blízka.....	36
8.3.3	Akomodační facilita do dálky.....	40
8.4	Diskuze	44

Obsah

9	Závěr.....	45
10	Citovaná literatura	46
11	Seznam zkratek.....	50
12	Seznam obrázků.....	51
13	Seznam tabulek.....	52
14	Seznam příloh.....	53

1 Úvod

Zrakový orgán je jedním z nejdůležitějších smyslů, který lidé nejvíce používají, díky němuž je možno vidět a rozeznávat kontrastně rozdílné objekty, ač to často není uvědomováno.

Důležitým procesem odehrávajícím se v lidském oku je schopnost akomodace, která umožňuje vidět ostře jak vzdálené, tak blízké předměty. Akomodaci se nevěnuje pozornost, dokud nejsou známé anomálie nebo poruchy. Zpravidla s přibývajícím věkem klesá akomodační šíře a také pružnost. Toho si lze všimnout již v presbyopickém věku. Pokles akomodační šíře omezuje a značně zhoršuje kvalitu života, ať už natahováním rukou nebo neustálým nasazováním a sundáváním brýlí, které jsou potřeba již i na blízkou vzdálenost.

Téma akomodace jsem si vybrala, jelikož mi samo o sobě přijde velmi zajímavé a chtěla jsem se o této problematice dozvědět více. Také mám podporu ve svém zaměstnavateli, kterému se problematika akomodační facility zdá velmi zajímavá. V české literatuře je toto téma probráno a prozkoumáno daleko méně než v cizojazyčné. Proto také ve své práci hojně využívám zahraniční literaturu.

V úvodu teoretické části je popsána fyziologie a anatomie jednotlivých struktur oka, které se podílejí na akomodaci. Dalším bodem je mechanismus akomodace a také jednotlivé složky. Hluběji je práce věnována poruchám akomodace, které rozdělují na fyziologické a patologické. Další kapitola je věnována jednotlivým pojmům jako je blízký bod, daleký bod, akomodační šíře a akomodační amplituda. Nedílnou součástí jsou také metody vyšetření akomodace, konkrétněji vyšetření akomodační šíře a akomodační facility. Na závěr teoretické části je zahrnuta konvergence. Její mechanismus, poruchy a také metody vyšetření.

Do experimentální části bude zařazen kontrolní výzkum, kde budu pozorovat závislost akomodační šíře na věku probanda podle Duanovy křivky. Poté se zaměřím na finální výzkum, kterého se bude účastnit 20 probandů ve věku 18 až 30 let. Zde budu staticky zpracovávat a porovnávat závislost akomodační pružnosti na refrakčním stavu probanda.

2 Akomodace

Akomodace je popsána jako schopnost oka vidět ostře předměty na různou vzdálenost. Ta je dána změnou optické mohutnosti oční čočky, která nám způsobí zobrazení předmětu na sítnici. U člověka je průměrná doba akomodace během jedné sekundy. Zvýšená optická mohutnost čočky nastává při pozorování bližších předmětů. Na zvýšení optické mohutnosti se podílí několik anatomických struktur oka, a to stah ciliárního svalu, elasticita čočky a také uvolnění závěsného aparátu čočky. (1) (2) (3)

V roce 1612 dokázal kněz Scheiner, že akomodace nastane jako následek změny optické mohutnosti oka. Jeho experiment je velmi jednoduchý a snadno reprodukovatelný. Jedná se o dvě drobné, vertikálně umístěné dírky na metrovém pravítku, které jsou od sebe vzdáleny méně, než je průměr zornice. Pozorovatel fixuje obě oči skrze dírky na jehlu, která je držena kolmo k postavení dírek. Po zaostření se jev jeví jednoduše, ale pokud pozorovatel zaostří na méně či více vzdálený předmět, tak se jehla zdvojí. (4)

2.1 Anatomické struktury oka podílející se na akomodaci

Na procesu akomodace se podílí zejména řasnaté tělísko, čočka a také závěsný aparát čočky.

2.1.1 Řasnaté tělísko

Řasnaté tělísko řadíme do střední vrstvy tvořící živnatku. Řasnaté tělísko (někdy také jako těleso) má tvar věnečku a je uložen při zevním okraji duhovky. Na sagitálním řezu má tvar pravoúhlého trojúhelníku. Čočka je zavěšena na vláknech závěsného aparátu, které směřují do nitra oka. Řasnaté tělísko se směrem dozadu ztenčuje a přechází do cévnatky, naopak směrem dopředu se ztlušťuje a spojuje s duhovkou. (1) (2) (3)

Podkladem řasnatého tělíška je vazivové stroma, kde jsou uloženy hladké svalové buňky, které tvoří musculus ciliaris. V důsledku smršťování a uvolňování musculus ciliaris dochází k vyklenutí nebo oploštění čočky. To má za následek změnu optické mohutnosti, jinak řečeno má vliv na akomodaci. Musculus ciliaris je vyživován vlákny sympatiku a parasympatiku třetího hlavového nervu (nervus oculomotorius). Akomodaci vyvolává činnost parasympatiku, kdežto desakomodaci vyvolávají vlákna sympatiku. Na udržení nitroočního

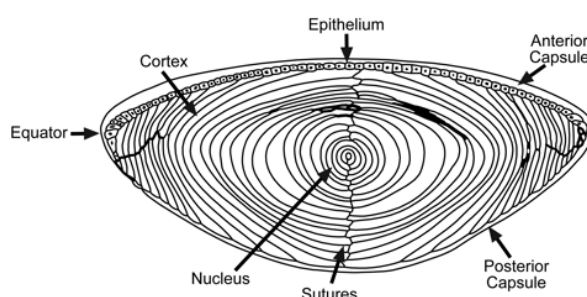
tlaku se v řasnatém tělisku tvoří komorový mok a je součástí optického systému oka. (5) (6) (7)

2.1.2 Oční čočka

Zdravá čočka je průhledná a má bikonvexní tvar. S přibývajícím věkem žloutne a také se snižuje její průhlednost. Hlavní funkcí čočky je lámat paprsky tak, aby se protly v jednom bodě na sítnici a tím pádem vytvořily ostrý obraz. Je tvořena přední plochou (facies anterior), která je méně vyklenutá a poloměr zakřivení má větší (udává se 9-10 mm). Naopak zadní plocha (facies posterior) je více vyklenutá a poloměr zakřivení má tedy menší (5-6 mm).

V zaobleném okraji ekvátoru se stýkají obě plochy. Na ekvátor se připojují vlákna závěsného aparátu. Následkem kontrakce musculus ciliaris se tah závěsného aparátu zmenší a čočka se svou pružností více vyklene dopředu. Tím se zvýší její optická mohutnost a přizpůsobí vidění na bližší vzdálenost. Naopak při pohledu do dálky jsou vlákna závěsného aparátu napjatá, a tím dochází k tomu, že se čočka oploští a její optická mohutnost se zmenší. Optická mohutnost čočky je 19 D, ale pouze v relaxovaném stavu. Při zaostření na nějaký objekt může nabývat až 30 D. (3) (8)

Čočka se skládá z pouzdra, kůry, jádra a epitelu. Povrch čočky je tvořen pouzdrem, které je tenké, ale také velmi pevné a pružné. Pouzdro je tvořeno především kolagenem. Tloušťka čočky se pohybuje ve velkém rozmezí (2-22 mikrometrů), nejsilnější je při rovníku a nejtenčí při zadním pólu. Čočka je převážně tvořena podlouhlými buňkami, které utváří jádro a kortex. Pod předním povrchem pouzdra si můžeme všimnout jednovrstevného čočkového epitelu, který se dál rozrůstá až vytváří čočková vlákna. Ty poté utváří kůru čočky. Vlákna čočky se táhnou podélně od zadního k přednímu pólu a při vodorovném řezu jsou uspořádány v soustředných vrstvách. (3) (9) (10)



Obrázek 1: Struktura lidské čočky (11)

Cévy a nervy u čočky nenajdeme, je vyživována z komorové vody, a to buď osmózou nebo difúzí. (12)

Čočka je po chemické stránce složena z vody, bílkovin, sodíku, draslíku, chloridu, kyseliny askorbové a glutationu. Procentuální zastoupení těchto složek závisí na tom, zda se jedná o mladšího či staršího člověka. Obecně můžeme říci, že u mladších osob v čočce najdeme vyšší zastoupení obsahu vody a glutationu, naopak u starších osob vyšší obsah bílkovin a sodíku. (3)

Na našem věku také závisí celková pružnost čočky. Zvýšení optické mohutnosti až dvojnásobně můžeme zaznamenat hlavně u malých dětí. S přibývajícím věkem se naopak pružnost čočky zmenšuje. Optická mohutnost může klesat až na polovinu původní hodnoty, a to z důsledku přibývajícího věku. Často se uvádí 40 rok života. Pozorovatel tento jev zaznamenává hlavně při pohledu do blízka, kdy je pokles schopnosti zaostření. Jedná se o presbyopii, která se řeší brýlemi se spojnými čočkami na čtecí vzdálenost. (3)

Tabulka 1: Chemické složení čočky (3)

Chemické složení	Mladší člověk	Starší člověk
Voda (%)	69	64
Bílkovina (%)	30	35
Sodík ($\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	17	21
Draslík ($\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	120	121
Chloridy ($\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	27	30
Kyselina askorbová ($\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	35	36
Glutacion ($\mu\text{mol/g}$ mokré váhy)	2,2	1,5

2.1.3 Závěsný aparát čočky

Závěsný aparát je tvořen zonulárními vlákny. Ciliární (zonulární) vlákna se upínají do čočkového pouzdra před a za ekvátorem a do výběžků řasnatého tělíska. Mezi hlavní funkci závěsného aparátu patří udržení čočky na svém místě a umožnění akomodace. (7) (12) (13)

Vlákna zonuly jsou tvořeny kolagenními a elastickými fibrily a celý závěsný aparát je obalen stejnorodou plazmatickou hmotou. Ciliární epitel je pozměněn v místě odstupu vláken z řasnatého tělíska. (7) (13)

2.2 Mechanismus akomodace

Schopnost oka měnit svoji optickou mohutnost označujeme pojmem akomodace. Je důležité, aby se všechny objekty, které jsou umístěné mezi dalekým (punctum remotum) a blízkým bodem (punctum proximum), zobrazily na sítnici. Již vlastní akomodace je tvořena ze dvou složek, a to aktivní a pasivní. Do aktivní složky řadíme činnost ciliárního svalu, kdežto do složky pasivní patří především účast čočky, konkrétně jejího závěsného aparátu a také sklivce. Velikost akomodace je závislá na schopnosti čočky měnit tvar a také na síle ciliárního svalu. (5)

Ciliární sval se skládá ze dvou částí. Jedná se o cirkulární vlákna (Mullerův sval), která jsou inervována parasymptikem a také meridiální vlákna (Bruckeův sval), která jsou naopak zásobována vlákny sympatiku. Při pohledu do blízka dochází ke kontrakci cirkulárních vláken ciliárního svalu a tím se zužuje prstenec ciliárního svalu a uvolňuje napětí zonulárního aparátu. Oproti tomu při pohledu do dálky jsou aktivována meridionální vlákna, které napomáhají zvýšit napětí zonulárních vláken aparátu. (1) (2)

Elasticity čočkového pouzdra a plasticita čočkové hmoty má vliv na vlastní tvar čočky. Při pohledu do blízka dochází ke stahu ciliárního svalu a tím se zesílí akomodace. Závěsný aparát se uvolní stahem svalu. Čočka následně změní svoji optickou mohutnost, zvýší se její tloušťka a přední plocha se více vyklene dopředu. Tvar lze označit za sférický. Zakřivení přední plochy čočky následně klesá z 10 na 6 mm.

S pojmem akomodace úzce souvisí pojem konvergence. Při pohledu do blízka dochází právě k akomodaci, konvergenci a mióze. Konvergence je důležitá proto, aby sledovaný objekt se jevil na sítnici jako jednoduchý a nevzniklo dvojité vidění. Mióza celkově zvyšuje

hloubku ostrosti a obraz na sítnici se vytvoří vždy ostrý. Při dlouhodobé práci do blízka může docházet k akomodační únavě a astenopickým obtížím, zejména u emetropů s ortoforií. (1) (2) (6) (14) (15)

Vlivem sympatiku dochází při pohledu do dálky ke stahu radiálních vláken, tím se následně čočka oploští, sníží se její optická mohutnost a dochází k desakomodaci. Dále se prohloubí přední komora a následuje mydriáza. (6) (14) (16)

Průměrná doba akomodace je kolem 0,5 – 1,5 s. Je dána součtem latence a času, který je potřebný pro pohyb čočky. Oproti tomu desakomodace je proces o něco delší, uvádí se 0,8–1,8 s. (14)

2.3 Teorie akomodace

Dodnes se přesně neví, jak proces akomodace funguje. I přes nespočet výzkumů, které se zabývají právě akomodací, neexistuje jednotný názor na tuto problematiku. V dnešní době jsou známy 4 teorie, o kterých se můžeme dočíst ať už v knihách nebo v odborných časopisech. V každé odborné literatuře můžeme najít jiný počet teorií. Jedná se o Helmholtzovu teorii, Teorie podle Schachara a Tscherninga a Colemanovu teorii. (17)

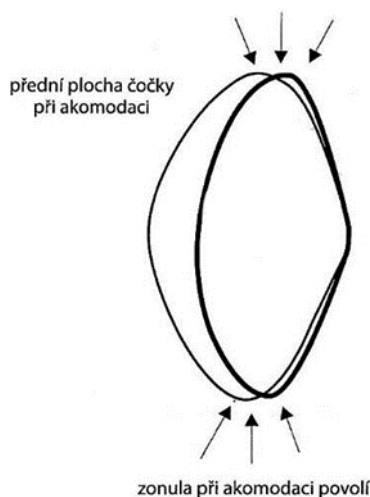
První, kdo navrhl, že by akomodace mohla působit změnu tvaru čočky byl Descartes. Jako dalším byl Thomas Young, který prokázal, že rohovka neodpovídá za akomodaci. Jeho pokus byl založen na skleněné čočce, která byla připevněna k oku a tím eliminoval vliv rohovky, a i přesto byl schopen akomodovat. (18)

2.3.1 Helmholtzova (kapsulární) teorie

Jako první si Hermann von Helmholtz všiml, že se centrální část čočky během akomodace rozšiřuje. Ciliární sval se tedy kontrahuje a pohybuje se směrem dopředu a dovnitř. Následně dojde k povolení závěsného aparátu. Čočka se vyklene díky elasticitě pouzdra a zvýší se její optická mohutnost (dioptrická síla). Jakmile je akomodace ukončena, tak se ciliární sval uvolní a vrátí se do své původní velikosti. Pohyb čočky se zde děje při zapojení akomodace od skléry, a naopak při uvolnění akomodace, tak ke sklěře. (19)

V roce 1937 Fincham vysvětlil a prokázal vyklenutí pouze přední plochy čočky, u Helmholtzovy teorie toto vysvětlení nenajdeme. (19)

Parasympatické nervy jsou velmi důležité v procesu akomodace. Dochází ke kontrakci obou skupin vláken ciliárního svalu. Při přiblížení předmětu k oku je důležité, aby byly stále časté a častější parasympatické impulzy pro zachování zaostřeného předmětu. Naopak sympatické nervy nemají žádný vliv na průběh akomodace. Jsou zodpovědné za relaxaci ciliárního svalu. (18) (19)



Obrázek 2: Mechanismus akomodace podle Helmholtze (19)

2.3.2 Colemanova teorie

Coleman prohlásil, že nelze celý proces akomodace vysvětlit pouze podle Helmholtzovy a Schacharovy teorie. Jeho teorie je založena na změně tlaku mezi předním sklívcem a přední komorou. Když se tlak v předním sklívci zvýší, tak se automaticky tlak v přední komoře sníží. Čočka, závěsný aparát a přední sklívec, které tvoří diafragma mezi prostorem přední komory a sklívce se vyklenou dopředu, díky zvýšenému tlaku ve sklívci a sníženému tlaku v přední komoře. (19)

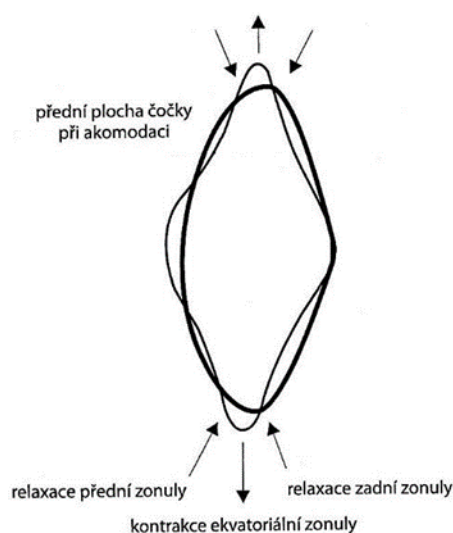
Také jsou různě odlišné názory na příčiny presbyopie. Podle Helmholtze spočívá presbyopie ve ztrátě elasticity oční čočky, kdy dojde k jejímu postupnému tvrdnutí. Schachar prosazuje svoji teorii, která je založena na neustálém růstu čočky ve svém vertikálním průměru. V roce 2005 se Glasser věnoval studiím akomodace a přiklání se spíše k Helmholtzově teorii. (19)

2.3.3 Teorie podle Schachara a Tscherninga

Jako první roku 1904 navrhl Tscherning mechanismus, který je založen na odlišném anatomickém umístění úponu ciliárních vláken. Později se k němu přidal i Schachar, a to roku 1993. V přední části řasnatého tělíska má úpon ekvatoriální část zonuly, kdežto v zadní části řasnatého tělíska má úpon přední a zadní část zonuly. Tedy poté během kontrakce ciliárního svalu nastává sraštění přední části směrem ke sklěře a blíže kořenu duhovky. Tímto zapříčiníme napnutí ekvatoriální části zonuly a uvolnění přední a zadní části. (19)

Tohoto jevu si můžeme všimnout i na čočce, kdy dojde k prodloužení vertikálního průměru, ztenčení periferní části a rozšíření centrální oblasti čočky. (19)

Teorie se mohou zdát velmi podobné, ale rozdíl mezi nimi je. Schararův model se zabývá aktivní spoluprací mezi ciliárním svalem a závěsným aparátem. Pohyb řasnatého tělíska ke sklěře. Oproti tomu teorie dle Helmholtze zkoumá pasivní uvolnění zonuly a následný pohyb řasnatého tělíska od skléry. Také se nepatrně liší teorie od Schachara a Tscherninga. Tscherning předpokládal ještě navíc účast sklivce při akomodaci. (19)



Obrázek 3: Mechanismus akomodace podle Schachara a Tscherninga (19)

2.4 Složky akomodace

V roce 1956 dle Heatha byla akomodace rozdělena do čtyř odlišných složek. Jedná se o složku reflexní, vergenční, proximální a tonickou. (1)

2.4.1 Reflexní složka

Jako jednu z nejdůležitějších složek akomodace označujeme právě reflexní. Můžeme ji také označit za doladovací. Umožňuje nám vidět ostře pozorovaný objekt tím, že se pozorovaný předmět zobrazí na sítnici. (20) (21)

Reflexní akomodace se nedá ovlivnit vůlí. Funguje přibližně do dvou dioptrií a pokud se hodnota přesáhne, tak dochází k nástupu akomodace volní. Ta již je ovlivnitelná vůlí. (20) (21)

2.4.2 Vergenční složka

Vergenční někdy také nazývána jako konvergenční složka, je druhou nejdůležitější složkou akomodace. Akomodace je navozena konvergencí, a to při pohledu na blízký objekt. (2) (18)

Tato složka je také spojena s tzv. konvergenčně – akomodačním kvocientem. Hodnota tohoto kvocientu se u mladých osob liší. Například Benjamin uvádí, že hodnota kvocientu u mladých osob bývá okolo 0,4 D, zatímco u Antona je hodnota o trochu vyšší, a to 0,5 D na 1metrový úhel. (2) (20)

2.4.3 Proximální složka

Proximální složka se aktivuje na základě předpokládané vzdálenosti předmětu. Vzdálenost, při které je proximální složka již aktivována je od 3 metrů a blíže. (20)

V souvislosti s proximální složkou můžeme hovořit o přístrojové myopii, která zapříčiní chybné objektivní vyšetření dané refrakční vady. Může se jednat o přístroj auto refraktometr, který je hojně využíván v optometrii. Naměřené hodnoty jsou buď vyšší, a to u myopie nebo naopak nižší, a to u hypermetropie. (18)

2.4.4 Tonická složka

Tonická složka akomodace se od ostatních liší v tom, že neexistuje žádný stimulační podnět. Funguje v klidovém stavu, je vždy aktivní a nevyžaduje jakýkoliv podnět. (20)

Příčinou noční myopie, tedy zvýšené myopie za tmy a za šera, je právě tonická složka, která nabývá nejnižší dioptrické hodnoty. (20) (21)

Lze ji měřit mnoha způsoby, ale vždy musí dojít k potlačení zbývajících tří složek akomodace za tmy. U mladých jedinců se tonická akomodace rovná přibližně 1 D, ale může se lišit v rozmezí 0–2 D. (20) (21)

2.5 Faktory ovlivňující akomodaci

Činnost akomodace je především ovlivněna dvěma faktory. Schopností čočky měnit tvar pomocí elasticity a také výkonností ciliárního svalu. Oba faktory mají speciální označení, a to fyzickou a fyziologickou akomodaci. Jako fyzická akomodace se označuje schopnost čočky měnit svůj tvar a fyziologická akomodace je právě kontrakční síla ciliárního svalu. (1)

Mezi další, ale velmi důležité vlivy řadíme věk, hloubku ostrosti, axiální refrakci, akomodační deficit, akomodační mikro odchylky, mandlovníkový efekt a také léky. Mezi méně důležité vlivy řadíme únavu, kontrast, osvětlení a také vůli. (22)

2.5.1 Věk

V nejvyšší míře akomodaci ovlivňuje právě věk. Akomodační schopnost čočky ubývá vlivem růstu čočky. Růst čočky začíná v dětském věku a kolem 40. roku života přichází presbyopie. Presbyopie je stav, kdy dochází k degeneraci materiálu oční čočky. Lidé to pocítují právě při čtení na blízkou vzdálenost, kdy se blízký bod posouvá směrem od oka. Při subjektivní refrakci vyšetřujeme také blízko, kdy zjistíme hodnotu adice. Adice je přídavek do blízka. Hodnota adice se s rostoucím věkem zvyšuje. (22)

2.5.2 Hloubka ostrosti oka

Jedná se o subjektivní vnímání ostrosti, kdy jedinec vnímá právě změnu předmětu v prostoru. Větší hloubka ostrosti nastává při zmenšení průměru pupily. S postupujícím věkem oko ztrácí akomodační schopnosti a nastupuje stav presbyopie. Právě hloubka ostrosti může vyrovnávat zbývajících částí akomodační schopnosti. (22)

Hloubku ostrosti lze měřit. Velkou roli zde hraje subjektivní vnímání vyšetřovaného klienta. Znaky, které mu jsou promítány, dokáže identifikovat na základě předchozích

zkušeností s textem nebo obrázkem. I v případě, že obraz nebude zcela ostrý, může dojít k vyšším hodnotám hloubky ostrosti. (22)

2.5.3 Axiální refrakce

Jako další a velmi důležitá je axiální refrakce, která nám velmi významně může ovlivnit akomodaci. U nekorigované myopie je akomodace používána mnohem méně než u emetropie, což může mít za následek její oslabení až atrofii akomodačního aparátu. Akomodační úsilí u myopie není do blízka tolik nutné, jako do dálky. (16) (19) (22)

U hypermetropie člověk akomoduje jak na dálku, tak na blízko. Na blízkou vzdálenost musí vynaložit ještě větší akomodační úsilí. U správně vykorigované hypermetropie je blízký bod ve větší vzdálenosti od oka než u správně vykorigovaného myopa. (22)

2.5.4 Akomodační deficit a vzdálenosti objektu

Při pohledu do blízka musí oko vynaložit obrovské akomodační úsilí, aby se vytvořil dostatečně ostrý obraz na sítnici. Pokud je hloubka ostrosti menší a detaily pozorovaného předmětu jemnější a kontrastnější, tak hodnota akomodačního úsilí a vzdálenost objektu jsou kompatibilní. Rozdíl mezi vynaloženou akomodací a převrácenou hodnotou vzdálenosti objektu označujeme jako akomodační deficit, tedy akomodační přebytek. (22)

I akomodační deficit lze měřit pomocí objektivních, ale i subjektivních metod vyšetření. Do objektivních metod řadíme přístroj skiaskop nebo autorefraktometr, který umožňuje sledování blízkého předmětu. Subjektivní metody na vyšetření akomodačního deficitu využívají měření relativní akomodace. (22)

Příčinou akomodační insuficience (nedostatečnosti) může být právě zvýšený akomodační deficit, který nás upozorňuje na malou hodnotu akomodace. Naopak nižší akomodační deficit upozorňuje na silnou míru akomodace, a to může být příčinou akomodačního excesu. (22)

2.5.5 Akomodační mikro odchylky

Termín akomodační mikro odchylky mají význam hlavně u objektivního měření axiální refrakce. Při vyšetření optometrista využívá jak objektivní metody vyšetření, tak

subjektivní. Objektivní refrakce je vyšetřována pomocí auto refraktometru, kde doporučený postup je provést několik vyšetření za sebou a až poté určit výslednou hodnotu zprůměrováním. I přesto by pro nás tyto hodnoty měly být pouze orientační. Až na základě subjektivního vyšetření, by měla být stanovena správná refrakce. Amplituda akomodačních mikro odchylek je přibližně $\pm 0,1$ D. (22)

Na tyto odchylky působí řada faktorů. Především se jedná o vzdálenost pozorovaného předmětu, průměr pupily, světlo a kontrast. Zmenšováním vzdálenosti předmětu amplituda roste. To stejné platí i u průměru pupily, čím je menší průměr pupily, tím více amplituda roste. (22)

2.5.6 Chromatická aberace

Jedná se o barevnou vadu zvětšení, která má ale nejmenší podíl na ovlivnění akomodaci. Zvýšení akomodačního úsilí nastává, pokud krátkovlnné modré světlo zaostřuje na sítnici více než dlouhovlnné červené světlo. Oproti tomu snížení akomodačního úsilí nastává v případě, že dlouhovlnné červené světlo je zaostřeno více než krátkovlnné modré světlo. Chromatická aberace může být příčinou noční myopie, kdy kratší vlnové délky lomí více světlo a ohnisko vzniká před sítnicí. Oko je citlivější na kratší vlnové délky (okolo 500 nm) při nízké intenzitě osvětlení. (22) (23)

2.5.7 Mandlovníkový efekt

Tento efekt vzniká při nacházení rušícího transparentního předmětu mezi pozorovatelem a vzdáleným předmětem. Nejčastějším a nejvhodnějším příkladem je noční řízení auta. Kdy rušivým elementem může být znečištění skla a spolu s noční myopií dojde k posunu hodnot axiální refrakce. (22)

2.5.8 Léky

Řada terapeutických skupin ovlivňují akomodaci. Mohou způsobovat nejružnější problémy ať už rozmazané vidění, diplopii nebo nystagmus. Mydriáza a také poruchy akomodace jsou často spojovány s užíváním tricyklických antidepresiv po podání fenothiazinů, parasimpatolytik a drog. (24) (25) (26)

Pilokarpin je lék, který se používá k léčbě glaukomu a řadíme ho do skupiny miotik. Po požití pilokarpinu dojde ke kontrakci ciliárního svalu, který je inervován parasymptikem. Projevem může být mióza a také akomodační spasmus. Dlouhodobá léčba se příliš nedoporučuje, jelikož může nastat trvalá mióza, která snižuje prostupování světla do oka a tím zužuje zorné pole. (22) (24) (25) (26)

Některé studiu potvrzují, že při používání phenylephrinu dojde ke snížení akomodace až o 0,9 D. Phenylephrine řadíme do skupiny sympatomimetik a je zodpovědný za rozšíření zornice. Rozšíření zornice se především využívá před operací nebo u očních prohlídek. Naopak při používání thymoxaminu se akomodace zvýšila o 0,6 D. Thymoxamine je jediný dostupný alfa blokátor, který lze použít jako oftalmologický roztok a který má tolerovatelné vedlejší účinky. Mohli bychom ho označit jako antagonistu phenylephrinu. Po aplikaci dochází k mióze, pravidelnými vedlejšími účinky jsou pálení a spojivkové hyperémie. (27) (28)

3 Poruchy akomodace

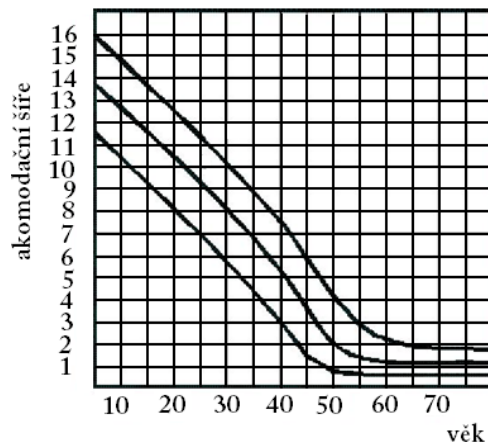
Tato kapitola se bude věnovat poruchám akomodace, ať už fyziologickým, tak patologickým. Mezi fyziologické poruchy řadíme presbyopii (vetchozrakost). Do patologických přiřazujeme excés akomodace, spasmus akomodace, insuficienci akomodace a také obrnu akomodace. S presbyopií se setkáváme u starších lidí, která je často pozvolná. Oproti tomu patologické stavy mívají rychlý náběh a mohou být způsobeny různými příčinami. (1)

3.1 Fyziologické poruchy akomodace – presbyopie

Vlivem věku dochází k fyziologickému poklesu akomodační šíře. Elasticita a plasticita oční čočky se snižuje a také schopnost ciliárního svalu klesá, což vede k posunu blízkého bodu směrem od oka. Kolem čtyřicátého roku života klesá akomodační šíře pod 5D a klientovi již nestačí ruce, aby si mohl v klidu přečíst knihu. Neustále posouvá knihu od sebe, kdy to dál nejde. (1)

Akomodační šíře se mění v závislosti na věku. V předškolním věku odpovídá hodnota akomodační šíře 14 D, tedy blízký bod se nachází 7 cm od oka. Ve věku 45 let akomodační

šíře klesá na 4 D, ve věku 60 let klesá na 1 D a poté již oko není schopno akomodovat. Právě Donserova křivka zaznamenává úbytek akomodační šíře v závislosti na věku. (1)



Obrázek 4: Dondersova křivka (6)

Mezi hlavní rizikové faktory urychlující nástup presbyopie řadíme refrakční vady a okolní teplotu. U hypermetropů se presbyopie projevuje dříve než u emetropů a myopů. (2)

3.1.1 Příznaky presbyopie

Již sám pacient si může všimnout změn, které nejsou příliš pohodlné a často omezují běžný život. Při práci do blízka již čtení není příjemné a není ostré, proto si knihu posouvají směrem od oka dál. Je možné toto posouvání překonat s maximálním akomodačním úsilím a oční nepohodou. Také můžeme pociťovat zvýšenou ospalost, která právě souvisí s namáháním zraku. Při zvýšeném akomodačním úsilí může dojít ke spasmu akomodace či pseudomyopii. (1) (2) (16)

Presbyop rád pracuje při zvýšeném osvětlení. Osvětlení navozuje miózu a miózou dochází k navození méně rozmazaného obrazu, což je velmi přínosné. Během dne se potíže stupňují a nejhorší jsou večer. (1) (16)

Později se mohou objevit i další problémy, a to bolest hlavy, slzení, pálení očí a jiné. Proto je potřeba klientovi pomoci a začít problém řešit správnou korekcí. (1) (16)

3.1.2 Léčba presbyopie

Léčba presbyopie spočívá v naměření správné korekci. Presbyopie se řeší adicí, což je přídavek do blízka. Je to rozdíl mezi korekcí do dálky a korekcí do blízka. Cílem adice je

posílit refrakční systém oka. Vždy musí být alespoň 1/3 zachována jako akomodační rezerva. Někdy se také uvádí 1/2. (2) (16) (29)

Způsoby měření adice jsou různé. První je závislá na věku a pracovní vzdálenosti, kdy podle tabulky určíme předběžnou adici, ale vždy je potřeba vyzkoušet a případně upravit. Nejběžnější čtecí vzdálenost je 30–40 cm. Při vzdálenosti vyšší budeme adici snižovat, naopak při vzdálenosti nižší budeme adici zvyšovat. (16) (29)

Tabulka 2: Závislost věku a pracovní vzdálenosti na hodnotě adice (30)

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

3.2 Patologické poruchy akomodace

3.2.1 Exces akomodace

Tato porucha je pozorována především u mladších pacientů při dlouhodobém čtení či práci na blízkou vzdálenost. Také k tomu přispívá nedostatečné či naopak nadměrné osvětlení. Další možnou příčinou může být nevyhovující stávající předepsaná korekce. Často touto poruchou trpí neurotické osoby se sklonek k přepracování. (2) (5) (16)

Exces akomodace se projeví zhoršeným viděním jak do dálky, tak do blízka. Také se projevuje nadměrná konvergence, myopizace oka a astenopické obtíže. Mezi astenopické obtíže můžeme zařadit rozmazané vidění po čtení, diplopie, bolest hlavy a očí, problémy se zaostřením z dálky do blízka. Takový jedinec často mění brýle kvůli jeho nepohodlí. Klient může mít problémy s uvolněním akomodace, a to může mít za následek vznik akomodačního spasmu. První léčbou je aplikace cykloplegik, kdy se používá atropin po několik týdnů. Velmi důležité je předepsání správné brýlové korekce a také poučení o ergonomii práce. (5) (19) (20)

3.2.2 Spasmus akomodace

Spasmus akomodace se vyskytuje u pacientů, kteří mají plně korigovanou či dokonce nekorigovanou hypermetropii nebo presbyopii. Charakteristickým rysem je myopizace oka, kdy hodnota refrakce může být až -10 D. Dalším příznakem je makropsie. Jedná se o poruchu, kdy dotyčný vnímá pozorovaný předmět větší, než ve skutečnosti je. Také může postihnout pacienty po aplikaci miotik. Podobné příznaky mohou nastat po otravě morfiem nebo oxidem uhelnatým. (1) (2) (5)

Velmi často se jedná o funkční onemocnění, které je vyvolané dlouhodobou prací do blízká nebo na střední vzdálenost. Také další příčinou může být stres nebo migrenové záchvaty. Vždy je třeba provést neurologické vyšetření, protože akomodační spasmus bývá často spojen s poruchou osobnosti a úzkosti. Spasmus akomodace se vyskytuje bilaterálně, ale jsou i výjimky, kdy může být unilaterálně. (16) (31) (32)

Mezi nejčastější příznaky řadíme rozmazané vidění do dálky, rozdílnou zrakovou ostrost, diplopii, esotropii a také astenopické obtíže. Jedná se o akutní stav, ale při neléčení se může přejít do chronické podoby. (16) (31) (32)

Jako první léčbou je správná korekce refrakční vady, kdy by se měl spasmus uvolnit spontánně. Pokud i přesto obtíže přetrvávají, tak se podávají cykloplegické oční kapky nebo atropin, který vykazuje ještě vyšší účinnost. Avšak do dnešní doby není jednotný názor na léčbu spasmu. Literatura popisuje několik způsobů. Například předsazení mínusové čočky, aplikaci cykloplegik, předsazení plusové čočky nebo použití multifokální nitrooční čočky. Jako další léčbou mohou být různé vizuální terapie a cvičení akomodace. (5) (16) (31) (32)

3.2.3 Insuficience akomodace

Insuficience akomodace neboli akomodační nedostatečnost je stav, kdy dochází ke snížené akomodační šíři vzhledem k věku pacienta. Nejčastěji se objevuje kolem 40. roku života. Mezi příčinu insuficience řadíme nedostatečnou kontrakci ciliárního svalu a neefektivní akomodace vytváří exces. I u dětí se může vyskytnout tato porucha, ale to velmi výjimečně. Bývá to zpravidla po léčbě neurologického onemocnění. (1) (5) (16) (20) (22)

Postihuje nejčastěji pacienty s myopií či emetropií. Mezi hlavní příznaky opět patří astenopické obtíže při práci na blízkou vzdálenost. Řadíme sem bolest hlavy, diplopii,

rozmazané vidění, pálení očí a další. Pro insuficienci je typická porucha souhry mezi akomodací a konvergencí. V počátcích insuficience může docházet pouze k akomodační únavě, kdy hodnoty akomodační šíře jsou stále v normě. Hodnoty akomodační šíře klesají při delší a namáhavé práci. (1) (16) (20) (22)

Mezi první léčbu řadíme aktivní cvičení akomodace, která může, ale také nemusí pomoci. Pokud se již jedná o trvalou insuficienci, tak použijeme presbyopickou korekci. V některých případech je nezbytná korekce konvergenčního excessu prizmaty. (1) (16) (20) (22)

3.2.4 Obrna akomodace

Obrna akomodace se projevuje zhoršenou zrakovou ostrostí do blízka, u hypermetropů se tak děje i do dálky. Příčinou může být úraz oka, infekce a trauma centrální nervové soustavy, diabetes, chronický alkoholismus, otrava olovem, botulismus nebo také podání cykloplegik. (1) (5) (16) (20)

Starší lidé nemusí tuto poruchu zaznamenat. Charakteristickým rysem může být mydriáza, jelikož parasymptická vlákna zásobují musculus ciliaris inervující i svěrač zornic. Dalším znakem je mikropsie, kdy pozorované předměty se zdají menší, než ve skutečnosti jsou. Tento stav je dán velkým úsilím akomodace pro ostré vidění na blízkou vzdálenost. (1) (5) (16) (20)

Léčba obrny spočívá v léčbě základního onemocnění. Je důležité identifikovat příčinu obrny akomodace. U dlouhotrvajících obtíží předepisujeme presbyopickou korekci ve formě adice. Zavedení stenopeické kontaktní čočky nebo provedení plastiky duhovky je typické u paralytické mydriáze. (1) (5) (16) (20)

4 Charakteristika akomodace

4.1 Daleký bod

Jako daleký bod označujeme nejvzdálenější bod, který je oko schopno vidět ostře při minimální, téměř žádné akomodaci. Nejčastěji se daleký bod označuje písmenem R, tedy punctum remotum. Vzdálenost dalekého bodu R od hlavního předmětového bodu oka H se

označuje jako a_R a udává se v metrech. Daleký bod se u emetropického oka nachází v nekonečnu. Emetrop je člověk, který nemá žádnou refrakční vadu. Paprsky přicházející z nekonečna rovnoběžně s optickou osou dopadají na sítnici do fovey. (6) (16) (19) (33)

U hypermetropického oka dopadají paprsky za sítnici, tedy daleký bod je v konečné vzdálenosti za okem. Pokud je refrakční vada větší, tedy oko je více hypermetropické, tak tím je daleký bod za okem blíže k sítnici. Příkladem může být refrakční vada +4,0 D, kdy daleký bod je ve vzdálenosti 0,25 m za okem. Oproti tomu refrakční vada +8,0 D má daleký bod ve vzdálenosti 0,125 m za okem. (6) (16) (19) (33)

Naopak tomu je u myopického oka, kdy paprsky dopadají před sítnici a daleký bod je v konečné vzdálenosti před okem. Zde platí, že čím je oko více myopické, tím je daleký bod v menší vzdálenosti před okem. (6) (16) (19) (33)

Axiální refrakci definujeme jako převrácenou hodnotu dalekého bodu v metrech. Měříme ji vždy v dioptriích. Vychází různé hodnoty v závislosti na refrakční vadě. U emetropického oka nám vyjde hodnota nulová, ale u ametropického oka může nabývat hodnot různých od nuly. (6) (16) (19) (33)

Vzorec pro výpočet axiální refrakce:

$$A_R = \frac{1}{a_R}$$

A_R – axiální refrakce [D], a_R – vzdálenost dalekého bodu od oka [m]

4.2 Blízký bod

Blízký bod je nejbližší bod, který se zobrazí na sítnici ostře při maximální akomodaci. Tento bod se označuje písmenem P, tedy punctum proximum. Vzdálenost blízkého bodu P od hlavního předmětového bodu oka H se označuje jako a_P a udává se v metrech. Blízký bod se postupně s přibývajícím věkem mění a posouvá dále od oka. Přesouvá se do větší vzdálenosti, než je konvenční zraková vzdálenost, a to 25 cm. Hlavní příčinou je ztráta elasticity oční čočky, blízký bod se neustále oddaluje až splyne s dalekým bodem oka. (6) (16) (33)

Tabulka 3: Poloha blízkého a dalekého bodu oka v závislosti na věku (33)

Věk	Vzdálenost blízkého bodu (mm)	Vzdálenost dalekého bodu (mm)
10	-70	∞
20	-100	∞
30	-140	∞
40	-220	∞
50	-400	∞
60	-2000	2000
70	1000	800
75	570	570
80	400	400

4.3 Akomodační oblast

Akomodační oblast je oblast mezi dalekým a blízkým bodem. Udává nám jakési rozmezí, ve kterém vidíme objekty ostře. Měříme ji v metrech. (5) (16) (20)

Akomodační oblast můžeme matematicky vyjádřit jako rozdíl dalekého a blízkého bodu:

$$\Delta a = a_R - a_P$$

Δa – akomodační interval [m], a_R – vzdálenost dalekého bodu od oka [m],
 a_P – vzdálenost blízkého bodu od oka [m]

4.4 Akomodační šíře (akomodační amplituda)

U akomodační šíře můžeme popisovat statickou a dynamickou refrakci. Statická refrakce je lomivost oka při nulové akomodaci, oproti tomu dynamická refrakce je lomivost oka při maximální akomodaci. Rozdíl mezi statickou a dynamickou refrakcí můžeme popsat jako akomodační šíře. (16) (19) (20) (34)

Akomodační šíře (A) je tedy vyjádřena jako rozdíl mezi blízkým (P) a dalekým bodem (R) od oka a značíme ji v dioptriích. Udává nám míru akomodační schopnosti oka. Nejvyšší hodnoty vykazuje v dětství, a to kolem 16 D a postupně klesá s přibývajícím věkem. Refrakční vada může mít také významný vliv na hodnotu akomodační šíře (amplitudy). Například vyšší hodnoty vykazuje emetrop a nižší hypermetrop, naopak myop a silný hypermetrop vykazuje nižší hodnoty. (1) (16) (19) (20)

Akomodační šíři můžeme vypočítat dvěma způsoby:

$$A_{\xi} = A_R - A_P$$

A_{ξ} – akomodační šíře [D], A_P – blízký bod [D], A_R – daleký bod [D]

Nebo lze vypočítat ještě takto:

$$AA = \frac{1}{a_R} - \frac{1}{a_P}$$

AA – akomodační amplituda, a_R – vzdálenost dalekého bodu [m], a_P – vzdálenost blízkého bodu [m]

5 Akomodační facilitita

Tato kapitola je věnována akomodační facilitě. Anglickým termínem to můžeme přeložit jako dovednost, schopnost. Také se můžeme setkat s termínem pružnost, který pochází ze španělského výrazu „flexibilidad“. (29) (35)

Akomodační facilitita je schopnost oka/očí zaměřit se rychle, pružně a přesně na podněty na různé vzdálenosti, a to v různých sekvencích v daném časovém období. Nejčastěji se používá 1 minuta pro měření akomodační facility. Můžeme ji měřit buď monokulárně nebo binokulárně, kdy se oko/oči soustředí na daný fixační bod. Akomodační facilitita přináší informaci o rychlosti reakce na základě nového akomodačního požadavku.

Při snížené akomodační facilitě můžeme pociťovat potíže zejména na blízkou vzdálenost. Mezi příznaky můžeme zařadit astenopické obtíže, rozmazané vidění a diskomfort klienta. Také při změně vzdáleností můžeme zaznamenat lehké rozmazání obrazu, které většinou trvá malý okamžik. Trvání a rozsah těchto obtíží závisí na míře akomodační infacility. (29) (35) (36)

6 Subjektivní metody vyšetření akomodace

6.1 Akomodační šíře

Mezi nejčastěji využívané metody vyšetření akomodační šíře můžeme zařadit push-up metodu, push-down metodu anebo také metodu rozptylné čočky.

6.1.1 Push – up metoda

Hojně využívaná je právě metoda push – up, která je založena na nalezení blízkého bodu akomodace. Jedná se o nalezení nejmenší vzdálenosti předmětu před okem, tak aby zůstal obraz na sítnici stále ostrý. Test můžeme provádět jak monokulárně, tak binokulárně.

Vyšetřovaný by měl vždy mít nasazenou nejlepší korekci do dálky. Pro měření můžeme zvolit tabulku do blízka nebo ještě lépe Duanův či Glasserův test. Při zvolení tabulky do blízka vyšetřovaný kouká pouze na jeden symbol (písmeno). U presbyopů se navíc může předkládat hodnota +1,0 D, která se poté ve výsledku odečte. Opačně tomu je u malých dětí,

kdy se předkládají rozptylné čočky v hodnotě okolo $-3,0$ D a tím dojde k oddálení blízkého bodu. (29) (37)

Měření začíná vysvětlením klientovi ohledně průběhu vyšetření. Klient má tedy nasazenou plnou korekci do dálky a snaží se přiblížit testový znak do té doby, než se mu text lehce rozostří. Chvilí v této pozici setrvává a je znovu vyzván, aby ještě zkusil, zda test nedokáže po chvilce znovu zaostřit. Cílem měření je změřit maximální schopnost akomodačního systému. Hodnota akomodační šíře odpovídá převrácené hodnotě blízkého bodu v metrech. Pokud jsme ke korekci do dálky u presbyopů nebo malých dětí přidali navíc spojné nebo rozptylné čočky, je důležité to ve výsledku zohlednit. U předsazení spojné čočky o hodnotě $+1,0$ D ji ve výsledku od hodnoty akomodační šíře musíme odečíst. Naopak tomu je u předsazení rozptylné čočky například $-3,0$ D, kdy tuto hodnotu k akomodační šíři přičteme. (29) (37)

6.1.2 Push down – metoda

Někdy též nazývána jako „pull away“ metoda neboli odtáhnout. Je opakem push – up metody, ale její princip je velmi podobný. Tato metoda může být pro někoho příjemnější, jelikož spočívá v uvolnění akomodace. Velmi často se používá, pokud push – up metoda selhala a dotyčný nebyl schopen určit bod rozostření. (29) (38)

I při této metodě musí být klient vykorigován na dálku. Můžeme provádět test monokulárně i binokulárně. Opět můžeme volit čtecí tabulku do blízka nebo Duanův či Glaserův test. (29) (37)

Klient si čtecí tabulku dá těsně před oči a postupně oddaluje až do doby, kdy se mu fixační bod zaostří. Poté určíme hodnotu akomodační šíře, a to převrácenou hodnotou naměřené vzdálenosti v metrech. (29) (38)

6.1.3 Metoda rozptylné čočky

Metoda rozptylné čočky neboli pozitivní relativní akomodace je metoda, při které zvyšujeme akomodační zátěž. U této metody zůstává test ve fixní poloze, nejčastěji se volí 40 cm před okem a vyšetřovaný sleduje řádek optotypu pro visus 1,0. Vyšetřovaný je plně vykorigován na dálku a předsazují se rozptylné čočky zpravidla po $-0,25$ D. Postupně

předkládáme rozptylné čočky až do momentu, kdy se vyšetřovanému testová značka nezaostří. (37)

Tato metoda se provádí pouze monokulárně a není vhodná pro presbyopické klienty. Pokud ji i přesto děláme u presbyopů, tak je zapotřebí přidat spojnou čočku k zajištění ostrého vidění. Tento přírůstek odečteme od celkové hodnoty akomodační šíře. (18)

Při srovnávání metod bylo zjištěno, že metoda push – up vykazuje vyšší hodnoty, než je metoda rozptylné čočky. U push – up metody je sítnicový obraz výrazně zvětšený a výsledná hodnota je také ovlivněna proximální složkou akomodace. Oproti tomu při použití metody rozptylné čočky proximální složka akomodace není stimulována a obraz na sítnici se zmenšuje, což má za následek naměření nižších hodnot. (20) (37)

Podle Benjamina má vliv na měření akomodační šíře řada faktorů. Při měření monokulární akomodační šíře, by hodnoty obou očí měly být stejné, nebo se lišit maximálně o 0,25 D. Oproti tomu binokulární akomodační šíře by měla vykazovat hodnoty vyšší o cca 0,50 D. Jako další uvedl, že velikost písmen by neměla mít vliv na celkový výsledek. Platí to pouze u dobře instruovaných dospělých klientů. Mezi další vlivy řadíme nesprávně provedenou či vysvětlenou techniku a také míru osvětlení testovací značky a místnosti. (20)

Tabulka 4: Srovnání velikosti akomodační šíře měřené různými metodami (37)

Věk (roky)	Push – up Donders	Push – down Duane	Rozptylná čočka Sheard
10	14	11	-
15	12	10,5	11
20	10	9,5	9
25	8,5	8,5	7,5
30	7	7,5	6,5
35	5,5	6,5	5
40	4,5	5,5	3,75
45	3,5	3,5	-
50	2,5	-	-
55	1,75	-	-

6.2 Akomodační facilitita

Akomodační facilititu můžeme měřit dvěma metodami. U jedné se jedná o střídání vzdáleností a u druhé se měření provádí pomocí flipperů. Akomodační testy se zpravidla dělají pouze v nepresbyopickém věku, tj. do 40 let života. Následně dochází ke sníženým hodnotám v důsledku stáří, nikoliv patologickou změnou. Akomodační šíři můžeme měřit i v presbyopickém věku pro porozumění stavu, kdežto facilitita je problematika pro mladší.

6.2.1 Near – far test

Test se provádí jak za monokulárních, tak i binokulárních podmínek. Vždy se vyšetřuje s plnou korekcí do dálky. U tohoto testu se jedná o střídání vzdáleností, nikoliv o předsazování spojných či rozptylných čoček. K měření využíváme optotyp o velikosti znaků 0,6 až 0,8, optotyp musí být velmi dobře osvětlen a mít vysoký kontrast a také využíváme čtecí tabulku do blízka, kterou si klient přidrží ve vzdálenosti ideálně menší, než by odpovídala převrácená hodnota dvoutřetinové hodnoty jeho akomodační šíře. (20)

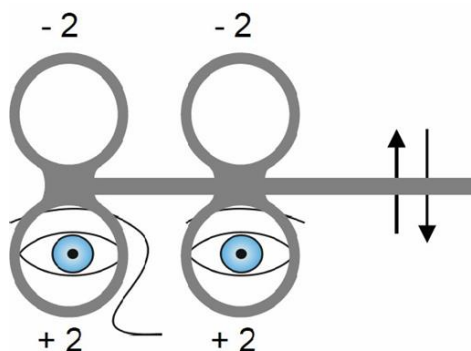
Vyšetřovaný poté po dobu 30 vteřin střídavě zaostřuje na optotypové znaky na dálku a na znaky ve čtecí tabulce do blízka. Vždy je potřeba hlásit, kdy se daný znak zaostří, aby vyšetřující mohl správně počítat cykly. Jeden cyklus je zde počítán jako zaostření do dálky, do blízka a zpět do dálky. Při monokulárním měření je průměrný počet cyklů 10 za 30 vteřin. Za hraniční hodnotu považujeme 7 cyklů za 30 vteřin. U binokulárního vyšetření jsou hodnoty nepatrně nižší. Optimální počet cyklů je 8, a hraniční hodnota se pohybuje kolem 6 cyklů za 30 vteřin. (20)

I tato metoda má své omezení, a to pro presbyopické klienty a s akomodační amplitudou nižší, než je 4,5 D. (20)

6.2.2 Flipper test

Flipper test je metoda vyšetření akomodační facility pomocí flipperů. Jedná se v podstatě o dvě dvojité objímky z kovu či plastu se zkušebními brýlovými čočkami a držadlem po straně pro snadnější manipulaci. Nejčastěji využíváme flippery o hodnotě $\pm 2,0$ D na blízkou vzdálenost (40 cm), a pro vzdálenost na nekonečno (6 m) využíváme plan a $-2,0$ D. (20) (29)

Při vyšetření na blízko je důležité vyšetřovat s plnou korekcí do dálky a správně klienta instruovat, aby zadání pochopil. Je mu sdělen postup, že budeme střídavě předsazovat spojné a rozptylné čočky a úkolem klienta je zahlásit, až se testový znak zaostří. Je využívána čtecí tabulka do blízka nebo lze použít Malettův vertikální OXO test, při kterém se mohou zjistit i jiné binokulární problémy, a to například suprese. Cílem testu je zaznamenat počet cyklů za minutu. Jako jeden cyklus se uvádí zaostření při spojných čočkách a následné zaostření při rozptylných čočkách. Častěji se měření provádí binokulárně, případně dle potřeby i monokulárně stejným způsobem. (39)



Obrázek 5: Schéma měření akomodační facility (40)

Průměrný výsledek se v různých studiích výrazně liší. Jako možné vysvětlení může být velký věkový rozsah vyšetřovaných a také netřídění symptomatických či asymptomatických klientů. Například Benjamin považuje za průměrný výsledek 17 cyklů za minutu při monokulárním vyšetření. Binokulárně poté uvádí 13 cyklů za minutu, přičemž hraniční hodnota je 10. Oproti němu stojí Rosenfield, kdy za normální průměrné hodnoty považuje 11 cyklů při monokulárním vyšetření a 8 cyklů při binokulárním vyšetření. (20) (37)

Můžeme také měřit akomodační facilitu na nekonečno neboli na 6 metrů. Při tomto vyšetření využíváme rozptylnou hodnotu $-2,0$ D a plan, tedy pouze flipper o hodnotě $-2,0$ D a druhá část objímky zůstane prázdná. Opět je potřeba, aby klient měl plnou korekci do dálky a byl dobře srozuměn s postupem vyšetření. Klient se zaměří na testový znak, kdy se zvolí o 2 až 3 řádky nižší, než je nejlepší možný visus. Nejčastěji se využívá řádek o visu 0,7. Klient se soustředí na testový znak na optotypu a vyšetřující předkládá střídavě $-2,0$ D a plan. Výsledkem je zaznamenání počtů cyklů za minutu. (41) (42)

Bylo prokázáno, že myopové mají abnormální akomodační vlastnosti. Zahraniční studie zkoumala akomodační facilitu u myopů a emetropů. Bylo vyšetřeno celkem 79 studentů, z toho 37 myopů a 42 emetropů ve věku 18-27 let. Při zjišťování akomodační facility do blízka nebyl potvrzen významný rozdíl u emetropů a myopů. Oproti tomu při akomodační facilitě do dálky byl významný nárůst počtu cyklů u emetropů a pokles počet cyklů u myopů. (42)

Průměrná hodnota počtu cyklů u myopů byla kolem 9-10 a u emetropů byla hodnota kolem 15-16. Studie potvrzuje zjištění, že myopové mají abnormální akomodační reakce na rozostření. (42)

6.3 Relativní akomodace

Relativní akomodace nám udává informaci, o kolik můžeme zvýšit či snížit akomodaci při konvergenci na danou vzdálenost, aniž by se porušilo jednoduché binokulární vidění. Máme dva druhy relativní akomodace, a to pozitivní a negativní. Při pozitivní relativní akomodaci zvyšujeme akomodační úsilí, zároveň se zvýší i akomodační konvergence. Naopak při negativní relativní akomodaci snižujeme akomodační úsilí a tím se uvolňuje akomodační konvergence. K vyšetření se využívá čtecí tabulka do blízka s testovým znakem o velikosti přibližně 0,8 – 1,0. (43) (44)

Pozitivní relativní akomodace byla rozebrána již výše u metody rozptylné čočky. Nejlepší pro úsporu času a komfort klienta je foropter, který tolik nezatěžuje a je rychlý. Průměrné hodnoty se pohybují kolem -2,0 až -3,0 D u správně funkčního systému. (43) (44)

Stejný postup je zvolen i u negativní relativní akomodace, kdy vyšetřovanému předkládáme spojné čočky. Vyšetření také probíhá na vzdálenost 40 cm a předsazujeme spojky do té doby, dokud se klientovi nezamlží vidění. I zde se průměrné hodnoty pohybují kolem +1,5 až +2,0 D. (43) (44)

7 Konvergence

Při konvergenci sbíhají oči směrem dovnitř, tento děj je vyvolán reflexně, tedy nevědomě. Avšak i přesto je možné část konvergence ovládat vůlí, a to pomocí tréninku. Naopak divergence je děj, při kterém se osy bulbů rozbíhají od sebe. (2) (19) (45)

Vývoj konvergence začíná již ve třech měsících života dítěte a kolem šestého měsíce je již stálá. Podobně jako u akomodace, tak i konvergence má blízký bod. Blízký bod je nejmenší vzdálenost, na kterou jsou oči schopny vidět pozorovaný předmět jednoduše. Nejčastěji se uvádí hodnota 8 cm. Šíře konvergence neboli amplituda je rozdílem dalekého a blízkého bodu konvergence. U akomodace byl velmi důležitý věk pro blízký bod. Konvergence je oproti akomodaci stálější. Není tak závislá na věku, i když se s věkem snižuje, nikoliv tak rapidně. Ve 20 letech je blízký bod konvergence přibližně 5,4 cm, ve 30 letech v 7 cm a po 40 roce 8 cm. (2) (19) (45)

7.1 Mechanismus konvergence

7.1.1 Okohybné svaly

Každé oko má 6 okohybných svalů. Jedná se o 4 přímé a 2 šikmé. Mezi dva zevní řadíme musculus obliquus superior, inferior. Mezi 4 přímé patří musculus rectus superior, inferior, medialis a lateralis. Okohybné svaly jsou inervovány hlavovými nervy, kdy největší podíl zásobení má nervus oculomotorius. Výjimkou je musculus obliquus superior, který je inervován pomocí nervus trochlearis a musculus rectus lateralis, který je inervován za pomoci nervus abducens. (5) (13)

Přímé svaly začínají ve společném kruhu v orbitálním apexu a následně se upínají do skléry. Vykonávají jednoduché horizontální a vertikální pohyby očí, ale také torzní pohyby, kdy oko rotuje kolem své osy. Hlavní pohyb šikmých svalů je torzní. Musculus obliquus superior vykonává intorzi, což znamená torzní pohyb dovnitř, oproti tomu musculus obliquus inferior extorzi neboli torzní pohyb směrem ven. (19)

7.1.2 Motilita

S motilitou souvisí otočný bod bulbu, který je průsečíkem tří hlavních os rotace, které označujeme jako Fickovy osy. Rozlišujeme osy horizontální, vertikální a předozadní. Jak již bylo zmíněno výše, každá skupina svalů vykonává jiný pohyb oka. (45)

Dukce je označení pro pohyb oka. S vertikální osou souvisí pojmy abdukce a addukce. Tedy pohyb očních svalů směrem dovnitř a ven. Co se týče horizontální osy, vykonávají svaly pohyb nahoru (elevation) a dolů (depression). Torze řadíme do předozadní osy, kdy svaly vykonávají buď intorzi nebo extorzi. (13)

7.2 Složkyvergence

7.2.1 Tonická konvergence

U této složky se jedná o klidové postavení bez jakéhokoliv stimulu. Ve spánku mají oči tendenci se stáčet dovnitř a nahoru, proto je nutná k udržení primárního postavení v bdělém stavu. S přibývajícím věkem se snižuje tonus okohybných svalů a oči přechází do divergentní polohy. (2) (46)

7.2.2 Proximální konvergence

Proximální konvergence se aktivuje odhadem vzdálenosti blízkého předmětu. Jedná se o nezávislou a vrozenou složku konvergence. Velmi často se projeví při vyšetřování na přístrojích, hlavně troposkopu. (1) (46)

7.2.3 Akomodační konvergence

Akomodační konvergence je vyvolána akomodací. AC/A poměr nám vyjadřuje vztah mezi akomodační konvergencí a akomodací. Jak silná konvergence je vyvolána akomodací v pD. Za normu je považována hodnota 3/1. (1) (43)

7.2.4 Fúzní konvergence

Dochází k úpravám os vidění, aby byla schopnost fúze. Pokud toho je dosaženo, tak dochází ke vzniku jednoduchého binokulárního vidění. Můžeme rozlišit pozitivní a negativní fúzní vergenci.

Pozitivní fúzní vergence je konvergence, tedy sbíhání očí směrem dovnitř. Negativní fúzní vergence je divergence, kde se naopak oči rozbíhají směrem ven. Pokud je hodnota fúzní vergence nízká, tak je možné podstoupit zrakový trénink nebo úpravu korekce přidáním prizmatických brýlových čoček. (1) (2) (43) (46)

7.3 Poruchy vergence

Do poruch vergence řadíme insuficienci konvergence, insuficienci divergence, exces konvergence, exces divergence, základní exoforii, základní esoforii a dysfunkci fúzních rezerv.

7.3.1 Exces konvergence

Je charakteristická ortoforií do dálky a esoforií do blízka. Při vyšetření lze pozorovat vyšší AC/A poměr, který upozorní na možnou poruchu, která s tím může souviset. Častější výskyt je u malých dětí, nedokorigovaných hypermetropů, překorigovaných myopů nebo presbyopů. Mezi hlavní příznaky patří bolest hlavy. Exces konvergence můžeme zmírnit předsazením spojných čoček do blízka, kdy dojde k uvolnění akomodace. (1) (45)

7.3.2 Exces divergence

U této poruchy se projevuje exoforie do dálky. Mezi nejčastější příznaky patří rozmazané vidění do dálky při řízení nebo při sledování televize. U excesu divergence je nejvhodnější zahájit zrakový trénink, případně další možností je předsazení antikorekce. (1) (47)

7.3.3 Insuficience konvergence

Insuficience neboli nedostatečná konvergence je vyznačována exoforií do blízka a ortoforií nebo menší exoforií do dálky. Blízký bod konvergence je vzdálenější než 8 cm. Někteří klienti nemusí pociťovat žádné potíže, to je zapříčiněno dostatečným množstvím fúzní konvergence. (1)

Častější výskyt je u dětí v předškolním věku nebo u osob mezi 30–40 rokem života, kteří tráví většinu času u počítače. Mezi hlavní příznaky patří bolest hlavy, očí, diplopie a zvýšená únava. Hlavní terapie spočívá ve zrakovém tréninku pomocí tužky nebo hračky u dětí. (1) (48)

7.3.4 Insuficience divergence

Insuficience divergence se dělí na primární a sekundární. U primární je typická velká esoforie na dálku a malá do blízka. Pokud má klient dostatečné množství fúzní divergence, tak nepociťuje obtíže, pokud tomu však tak není, tak se mohou objevit bolesti hlavy, bolest očí, únava, případně poškození jednoduchého binokulárního vidění. (1) (47)

U sekundární insuficience divergence se naopak vyznačuje větší esoforie do blízka než do dálky. Zde klient potřebuje jednak fúzní divergenci do dálky, ale také do blízka, což většina nemá a projeví se první příznaky. Pro terapii je důležitá plná korekce hypermetropie a následná prizmatická korekce báží ven. (1) (47)

7.3.5 Základní esoforie

Jak už název napovídá, tak u této poruchy mají lidé velikost úchylnosti stejnou jak při pohledu do dálky, tak do blízka. Při měření binokulární akomodační facility mají problém se zaostřením při předložení rozptylných čoček. (49) (50)

7.3.6 Základní exoforie

Stejná velikost exoforie jak do dálky, tak do blízka. Naopak u měření binokulární akomodační facility mají potíže se zaostřením při předložení spojných čoček. (49) (50)

7.3.7 Dysfunkce fúzní vergence

Je zde přítomna ortoforie do dálky i do blízka. Klienti mívají často AC/A poměr v normě, naopak zóna jednoduchého binokulárního vidění je malá. Projevuje se rozostřením předmětů, bolestí hlavy, zamlžené vidění, potíže při čtení na blízkou vzdálenost, dále pálení nebo řezání očí. Při měření binokulární akomodační facility selhávají u předložení spojných i rozptylných čoček. (49) (50)

7.4 Metody vyšetření konvergence

7.4.1 Blízký bod konvergence (NPC)

Blízký bod konvergence je popisován, jako nejbližší vzdálenost, na kterou jsou oči schopny konvergovat a je zachováno jednoduché binokulární vidění. Nejčastěji se používá pro vyšetření hrot tužky. Klient si umístí tužku do vzdálenosti přibližně 50 cm a postupně předmětem přibližuje, až se mu obraz rozdvojí, tedy dojde k přerušení fixace. Klient zahlásí a vyšetřující změří vzdálenost. Poté postupně oddaluje předmět až do doby, kdy se mu obraz znovu spojí. Následně také vzdálenost změříme. (29) (39)

Vždy jako první zapisujeme bod rozdvojení a následně bod spojení. Běžné hodnoty se pohybují okolo 6/9 cm. Vyšší hodnota NPC může signalizovat insuficienci konvergence. U presbyopů se NPC nemění s věkem jako to bylo u vyšetření blízkého bodu akomodace. (29) (39) (43)

7.4.2 Vergenční facilita

Vergenční facilita někdy překládáno jako snadnost nebo pružnost, je zátěž vergenčního systému rychle a přesně reagovat na změny vergence pomocí prizmatických čoček. (39) (44)

K vyšetření jsou používány vergenční flippery, kdy na jedné z prizmatických čoček je hodnota 12 pD a na druhé 3 pD. Báze ven nutí oči ke konvergenci, a naopak báze dovnitř k divergenci. (29) (39)

Častěji se provádí na blízkou vzdálenost (40 cm), k vyšetření je potřeba čtecí tabulka do blízka. Klient se soustředí na určité slovo a vyšetřující předsadí 12 pD a čeká, až klient uvidí binokulárně jednoduše jeden vjem. Až je zaostřeno, tak se přehodí flipper na 3 pD.

Takto se to opakuje po dobu jedné minuty. Jako jeden cyklus se počítá předsazení obou hodnot prizmatických čoček. (44)

Norma vergenční facility je 15 cpm. Hraniční hodnota bývá 9 cpm. Pokud jsou hodnoty pod 9 cpm, tak se jedná o nestabilní vergenční systém. (39) (43)

7.4.3 Fúzní rezervy

Fúzní rezervy též označované jako prizmatické nebo vergenční. Jedná se o zátěž vergenčního systému plynulým zvyšováním prizmatické čočky. Jedná se o maximální schopnost konvergence či divergence, než dojde k poruše jednoduchého binokulárního vidění a navození diplopie či neostrého a rozmazaného vidění. (29) (39)

K vyšetření můžeme použít prizmatické lišty nebo foropter. Oba způsoby vyšetření mají klady i zápory. U prizmatické lišty je výhodou rychlost, nižší cena, ale je potřeba zručnost. Naopak u foropteru je výhoda přesnost, plynulost, ale špatná kontrola při BO. (29) (39) (43)

Jsou měřeny jak do dálky (5-6 metrů), tak do blízka (40 cm). Zjišťují se tři stavy, které během vyšetření nastanou. Jedná se o bod rozostření, kdy nelze pohodlně přečíst text, je rozmazaný. Následně je bod rozdvojení, kdy nastává diplopie. Vergenční systém již není schopen fixovat fúzní podnět. Jako poslední se určuje bod spojení, kdy se hledá bod snižováním prizmatické hodnoty. Je zapsána hodnota, kdy text je znovu viděn binokulárně jednoduše. (29) (43)

Popisovány jsou pozitivní fúzní rezervy (PFR) a negativní fúzní rezervy (NFR). PFR nutí oči ke konvergenci, prizmata dáváme BO. Zde můžeme určit všechny body – bod rozostření, bod rozdvojení a bod spojení.

Vždy při vyšetření začínáme NFR, protože uvolňujeme akomodaci a tím následně neovlivníme PFR. Kdybychom začali opačným směrem, mohlo by dojít k ovlivnění výsledků NFR.

U NFR dáváme prizmata BI, což nutí oči naopak k divergenci. Zde do blízka také naměříme všechny body, ale do dálky pouze bod rozdvojení a bod spojení. Také se vyšetřují vertikální fúzní rezervy, kdy prizmata dáváme BU a BD. (29) (43)

8 Praktická část

8.1 Úvod do problematiky

Praktická část se zabývá měřením akomodační facility s ohledem na věk a refrakční stav probandů. Cílem praktické části je ověřit závislost akomodační šíře na věku podle Duanovy křivky a také schopnost akomodační facility s ohledem na refrakční stav probandů ve věku od 18 do 30 let. Dle dřívějšího výzkumu byla potvrzena snížená akomodační facilitita do dálky u myopů, kdežto hypermetropové a emetropové dosahovali daleko vyšších hodnot. Oproti tomu akomodační facilitita do blízka byla velmi podobná ať už se jednalo o emetropy či ametropy.

8.2 Metodika práce

Měření probíhalo ve vyšetřovně optiky Horus v Praze. Celkem má optika 4 pobočky, ale přístrojové vybavení a podmínky jsou všude stejné. Probandi byli měřeni již od léta 2021 až do března 2022. První fází vyšetření byla anamnéza, kde byl proband tázán na oční i celkové onemocnění, rodinné onemocnění, v jakém prostředí pracují, jaké mají dosavadní zkušenosti s brýlemi, zda jsou aktivní řidiči a na co primárně brýle budou chtít používat. Po pečlivé anamnéze byla klientovi změřena objektivní refrakce. Pro měření byl použit autorefraktometr TOPCON KR-8800, který sloužil pouze jako orientační informace pro následující vyšetření.

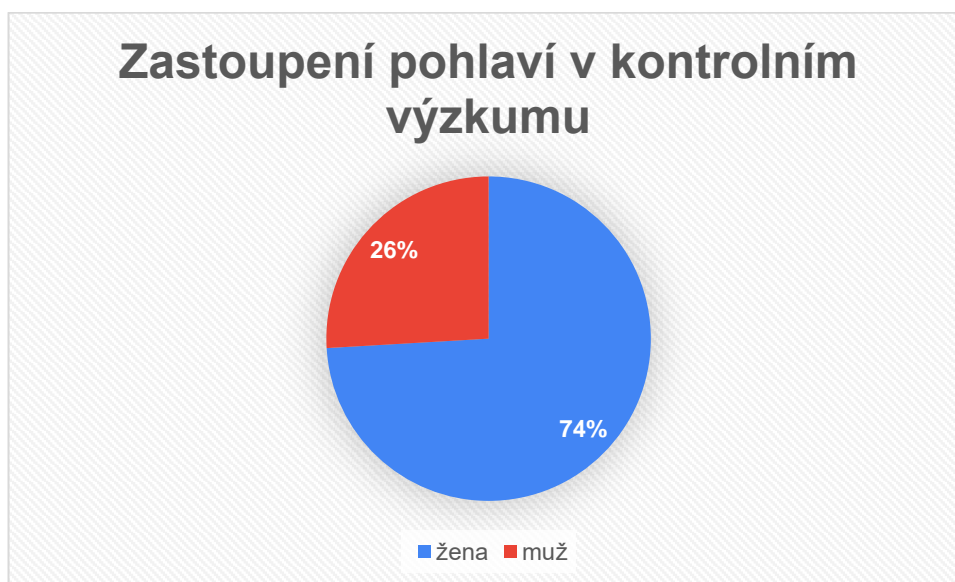
Následovala subjektivní refrakce pomocí projekčního optotypu s použitím brýlové zkušební skříně a zkušební obruby (Oculus UB-4). Fixován byl optotyp ve vzdálenosti 5 metrů. Měření spočívalo v nalezení nejlepší hodnoty sféry, následně pomocí metody Jacksonových zkřížených cylindrů nalezení hodnoty cylindru a pomocí Osterbergova testu a třířádkového polarizovaného testu bylo provedeno binokulární dokorigování. Po změření refrakce do dálky byla měřena refrakce na blízkou vzdálenost, která odpovídala 40 cm. Do blízka byla použita čtecí karta, kde se proband soustředil na řádek o visu 0.8 až 1.0.

Součástí vyšetření refrakce do dálky i do blízka bylo měření akomodační šíře a následně měření akomodační facility. Akomodační šíře byla popsána již v teoretické části

bakalářské práce, a to v kapitole *Charakteristika akomodace* (kap. 4.4). Kapitola, která se věnuje akomodační facilitě se nazývá *Subjektivní metody vyšetření akomodace* (kap. 6.2).

Akomodační facilitita byla měřena předkládáním sférických čoček o hodnotách $\pm 2,0D$ do blízka a o hodnotách $\pm 2,0D$ do dálky, v podobě akomodačního flipperu. I zde byla použita vzdálenost 5 m do dálky a na blízko vzdálenost 40 cm. AF Byla měřena po dobu jedné minuty celkem třikrát, a to binokulárně. Vyšetřovaný vždy oznámil zaostření pozorovaného textu po změně předkládaných čoček. Vždy bylo předem vysvětleno a cvičně vyzkoušeno vyšetření. Mezi přechodem vzdáleností měli probandi 2-3 minuty odpočinek.

Do praktické části bakalářské práce byl zpočátku zařazen kontrolní výzkum, kterého se zúčastnilo 27 vyšetřovaných osob ve věkovém rozmezí 18–69 let. Největší část je tvořena myopy 16, poté hypermetropy 8 a emetropy 3. Průměrný věk vyšetřovaných je 39 let.



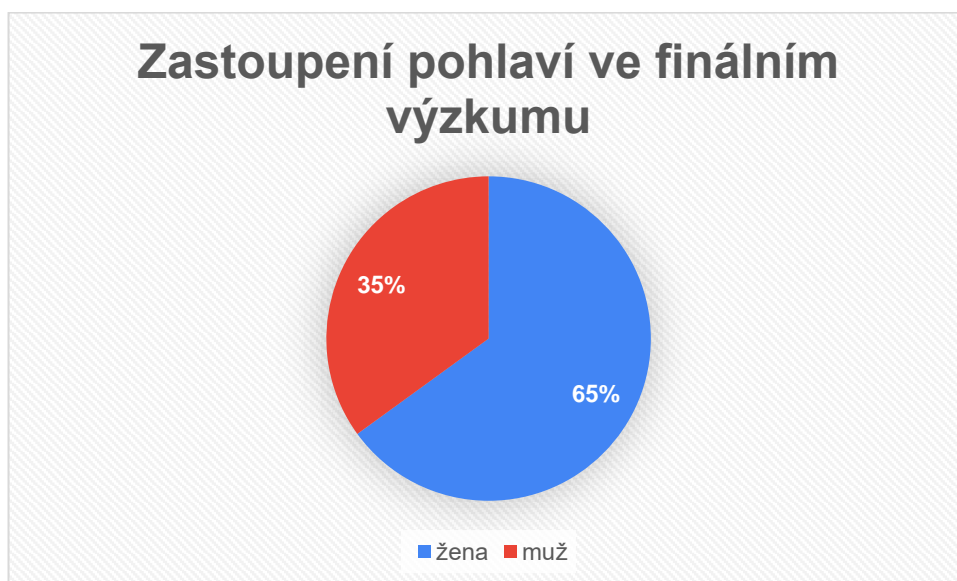
Graf 1: Zastoupení pohlaví v kontrolním výzkumu



Graf 2: Zastoupení refrakčních stavů

Po konzultaci s vedoucím práce byly upřesněny kritéria pro vyřazení ze studia. Jedním z nejdůležitějších kritérií byl právě věk, kdy ve finálním výzkumu je soustředěno na probandy od 18 do 30 let. Cílová skupina je složena z myopů a emetropů, doplnění o malou skupinu hypermetropů. Dalším kritériem byla velikost refrakční vady, z důvodu vyloučení patologie byli vyřazeni respondenti s vysokou refrakční vadou.

Finálního výzkumu se zúčastnilo 20 probandů tedy 40 očí. Z toho bylo 13 žen a 7 mužů ve věku od 18 do 29 let s průměrným věkem 24 let. Zastoupení refrakčních stavů je následující: 8 myopických probandů, 8 emetropických a 4 hypermetropických probandů

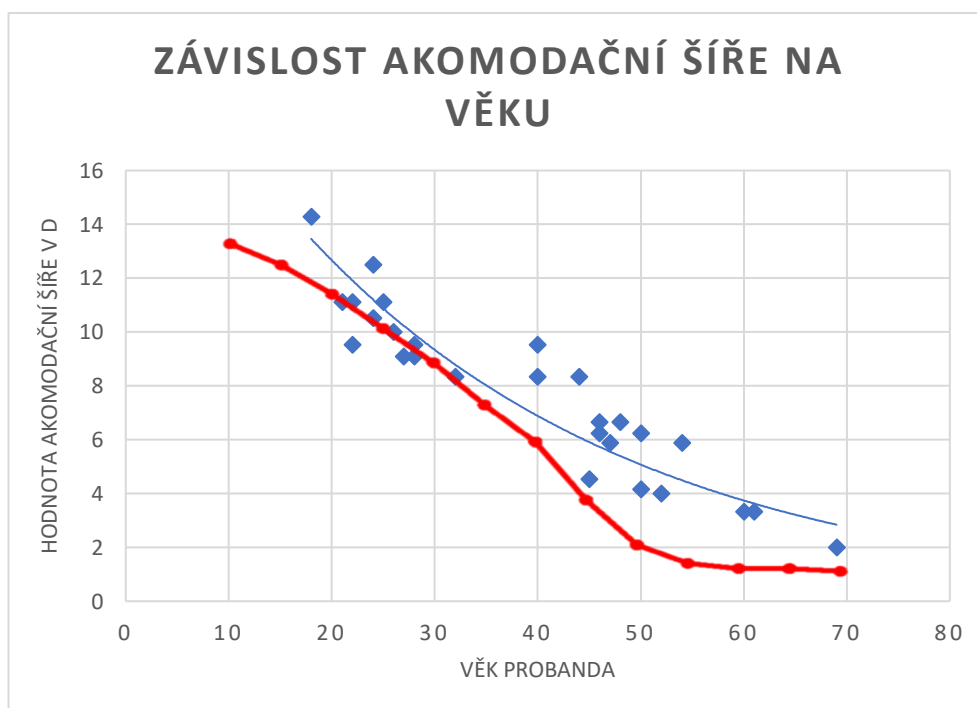


Graf 3: Zastoupení pohlaví ve finálním výzkumu

8.3 Výsledky

8.3.1 Duanova křivka

Kontrolní výzkum slouží především pro vyhodnocení závislosti akomodační šíře na věku. Z grafu je patrné, že akomodační šíře klesá s přibývajícím věkem a nástupem presbyopie.



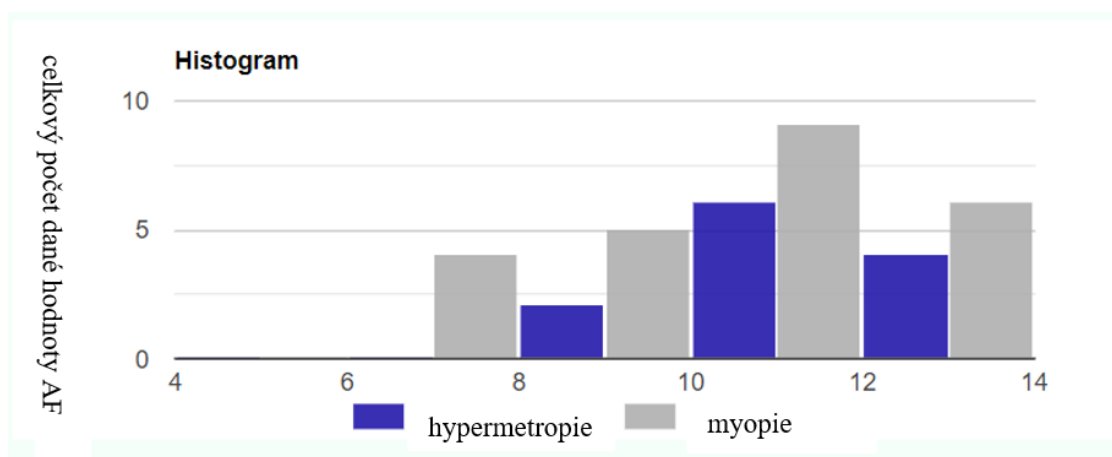
Graf 4: Závislost akomodační šíře na věku (51)

Na grafu 4 lze vidět červenou křivku, která značí průběh dle Duanovy křivky, oproti tomu modré body značí mé naměřené hodnoty akomodační šíře v závislosti na věku probandů. Duanova křivka má klesající tendenci do věku 50 let, kdy se hodnota dostává pod 2 D a dále je průběh mírnější, klesá až do cca 65 let. Nad 65 let se hodnota udržuje přibližně na 1 D a dále již neklesá. Námi naměřené hodnoty jsou zejména u presbyopických probandů (nad 40 let) vyšší ve srovnání s Duanovou křivkou.

8.3.2 Akomodační facilita do blízka

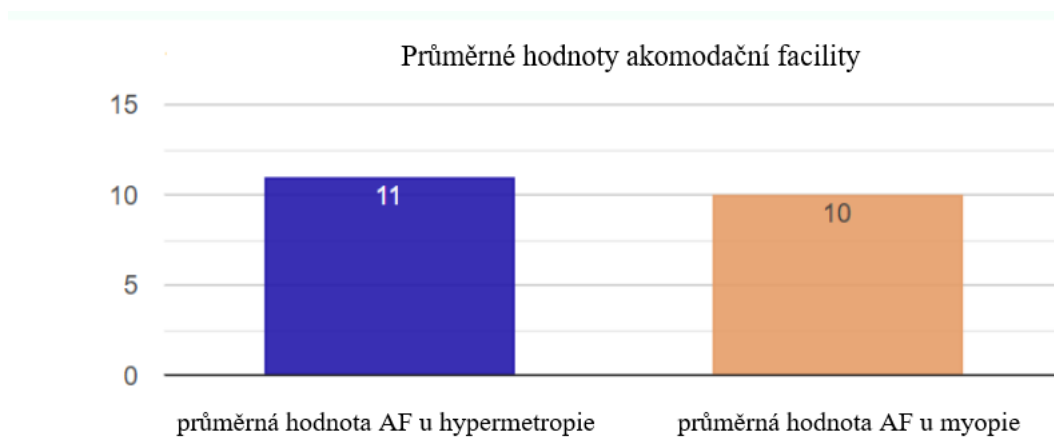
Finální výzkum se věnoval měření akomodační facility jak do dálky, tak do blízka s ohledem na refrakční stav probandů.

Při měření akomodační facility do blízka nebyl významný rozdíl v porovnání hypermetropie a myopie. První skupina v histogramu znázorňuje AF u hypermetropie a druhá skupina AF u myopie. Příímka na ose y znázorňuje celkový počet dané hodnoty AF v porovnávaném vzorku probandů. Doporučená hodnota akomodační facility je 8 cpm a hraniční 3 cpm. P-hodnota byla vyšší než alfa ($p=0,15 > \alpha=0,05$) a tedy na hladině významnosti 5 % byla potvrzena hypotéza H0 a H1.



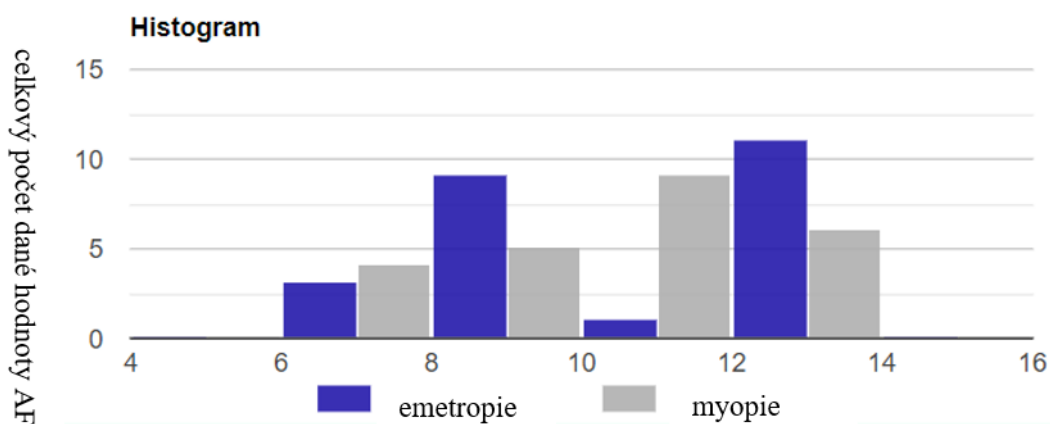
Graf 5: Histogram akomodační facility do blízka u hypermetropie a myopie

Na grafu č. 6 lze vidět vyhodnocení průměrných hodnot AF při porovnávání hypermetropie a myopie. Hodnota akomodační facility se liší pouze o 1 cpm.



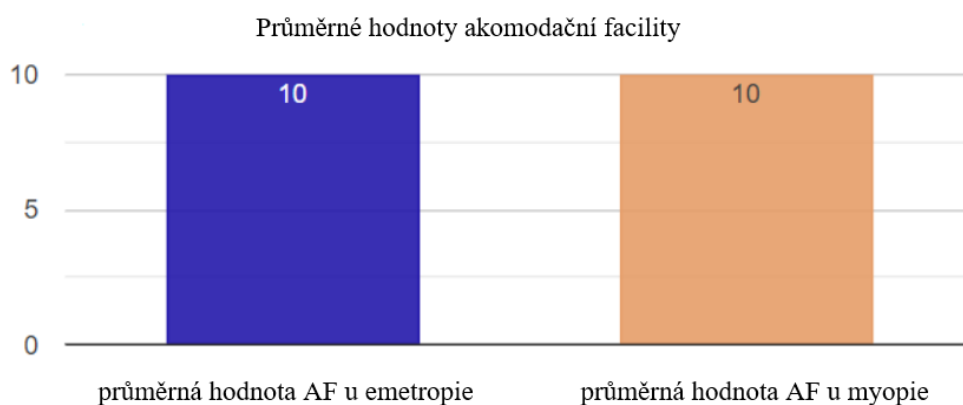
Graf 6: Průměrné hodnoty AF u porovnávaných skupin

Jak už je z grafu č. 7 patrné, tak akomodační facility do blízka u emetropie a myopie je také velmi podobná, tudíž i zde je potvrzena hypotéza H0 a H1 na hladině významnosti 5 %. P-hodnota byla daleko vyšší než hodnota alfa ($p=0,54 > \alpha=0,05$).



Graf 7: Histogram akomodační facility do blízka u emetropie a myopie

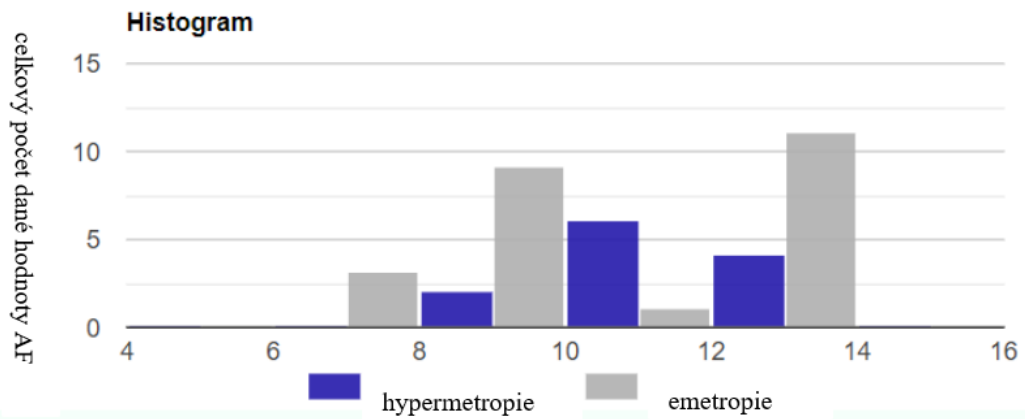
O grafu č. 8 můžeme říci, že průměrná hodnota akomodační facility je shodná jak u emetropie, tak u myopie. U obou měřených skupin byla stanovena hodnota na 10 cpm. Tudíž největší podobnost, a tedy shodnost akomodační facility na blízkou vzdálenost má právě emetropie a myopie.



Graf 8: Průměrné hodnoty AF u porovnávaných skupin

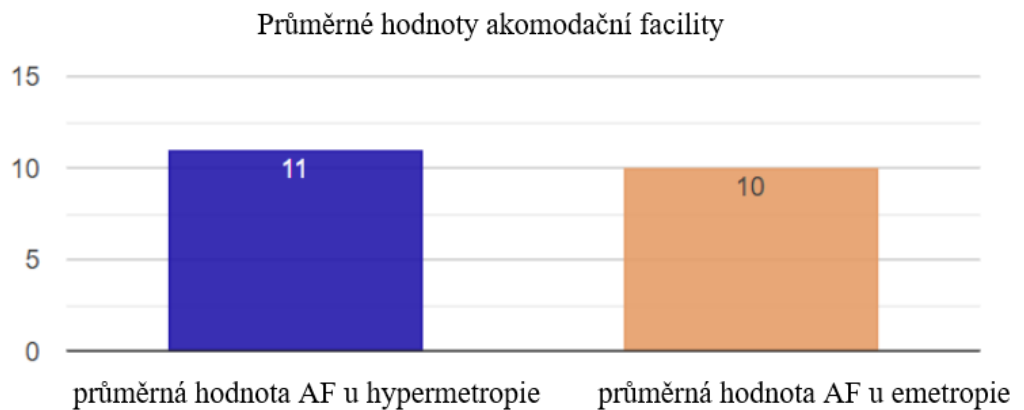
Poslední porovnávanou skupinou na blízkou vzdálenost je skupina hypermetropů a emetropů viz graf č. 9. U těchto dvou skupin vyšla P-hodnota daleko vyšší než hodnota alfa

($p=0,57 > \alpha=0,05$) a tedy na hladině významnosti 5 % není statický rozdíl mezi porovnávanými skupinami.



Graf 9: Histogram akomodační facility do blízka u hypermetropie a myopie

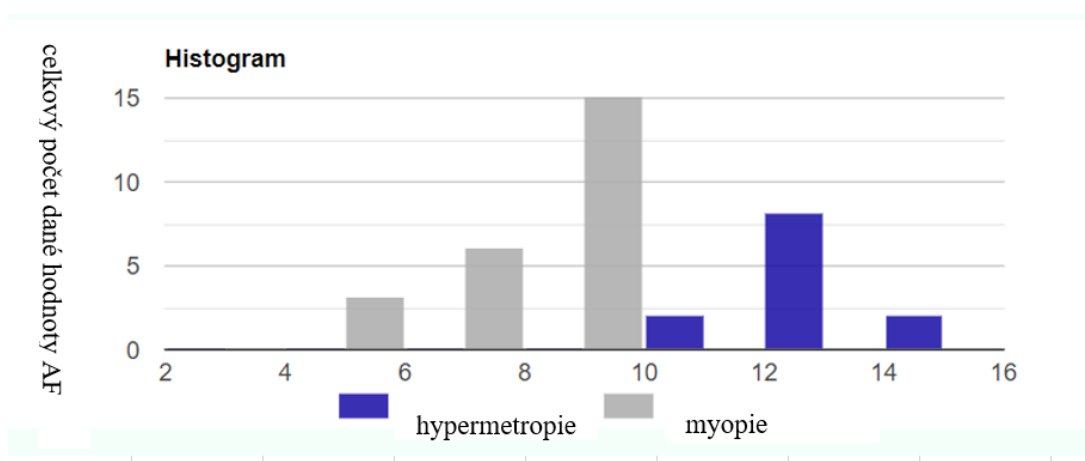
Průměrná hodnota akomodační facility byla také velmi podobná, liší se pouze o 1 cpm. Lze tedy říci, že na blízkou vzdálenost není hodnota akomodační facility závislá na refrakční vadě.



Graf 10: Průměrné hodnoty AF u porovnávaných skupin

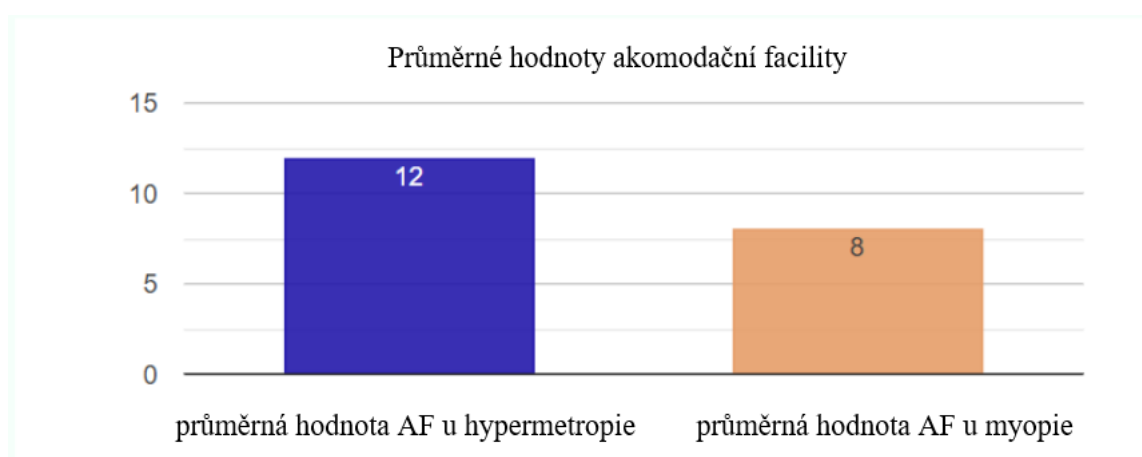
8.3.3 Akomodační facilitita do dálky

Při měření akomodační facility do dálky je patrná významná rozdílnost hodnot v porovnání hypermetropie a myopie. Zatímco hypermetropové dosahovali hodnot 14 cpm, tak u myopů byla maximální naměřená hodnota 9 cpm. P-hodnota vyšla výrazně nižší než hodnota alfa ($p=0,106 \times 10^{-5} < \alpha=0,05$). Na hladině významnosti 5 % zamítáme H_0 , byl nalezen statický rozdíl mezi porovnávanými skupinami.



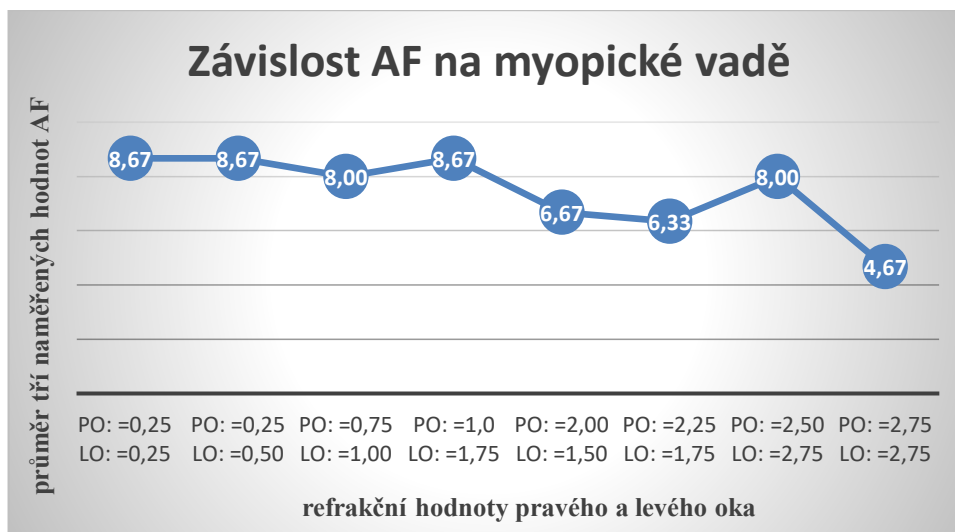
Graf 11: Histogram akomodační facility do dálky u hypermetropie a myopie

Graf č. 12 nám znázorňuje průměrné hodnoty akomodační facility u hypermetropie a myopie. Zde již můžeme vidět, že průměrná hodnota akomodační facility se liší o 4 cpm, což je významný rozdíl, jestliže normo hodnota se pohybuje mezi 8 cpm.



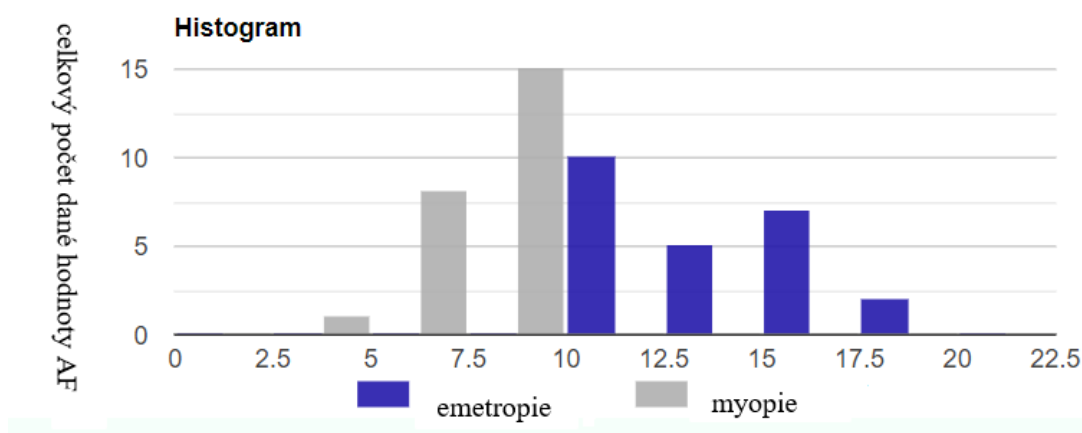
Graf 12: Průměrné hodnoty AF u porovnávaných skupin

Z naměřených dat vyplývá, že čím vyšší refrakční vada u myopie, tím nižší je hodnota akomodační facility. Lze si toho všimnout u grafu 13, kde známe refrakční hodnoty pro pravé a levé oko a také hodnotu akomodační facility, která byla naměřená třikrát po sobě, ale do grafu je vložena pouze průměrná hodnota.



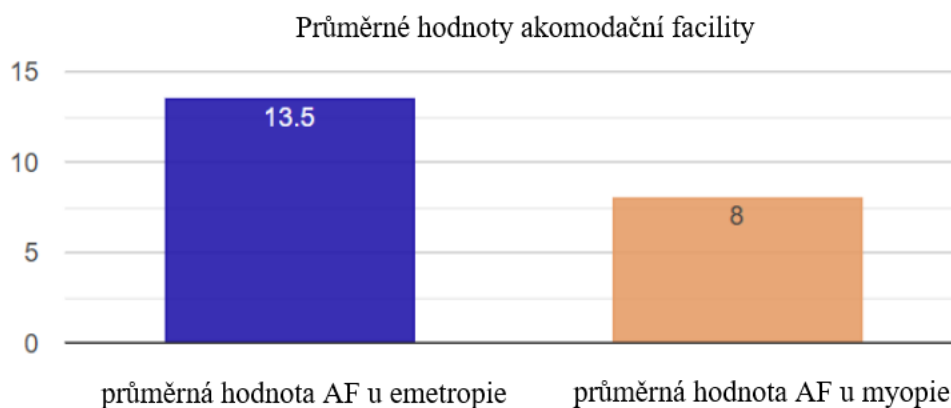
Graf 13: Závislost AF na myopické vadě

Při hodnocení grafu č. 14 je zřejmé, že akomodační facility u emetropie a myopie je zcela rozdílná, a tedy na hladině významnosti 5 % zcela zamítáme H_0 . P-hodnota vyšla výrazně nižší než hodnota alfa ($p=2,39 \times 10^{-9} < \alpha=0,05$). Je zde daleko vyšší rozdílnost než při porovnávání hypermetropie a myopie. Zde maximální hodnota AF u emetropů dosahovala hodnoty 18 cpm, kdežto u myopů opět 9 cpm.



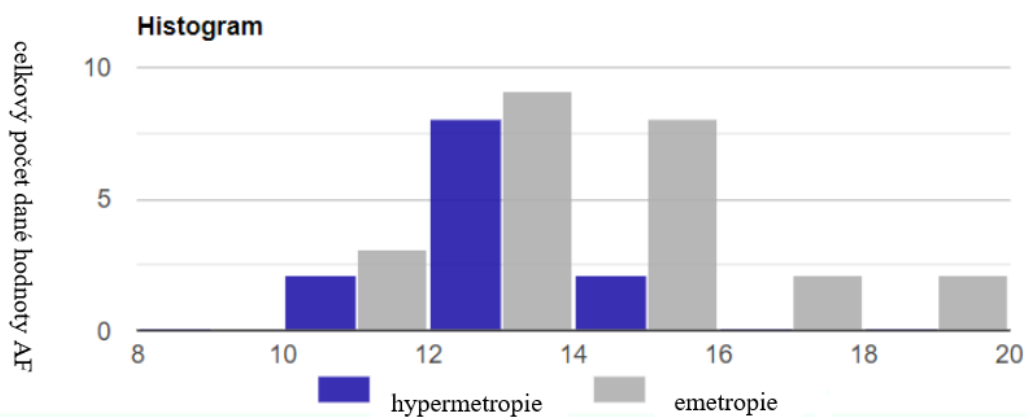
Graf 14: Histogram akomodační facility do dálky u emetropie a myopie

Opět u grafu č. 15 máme znázorněné průměrné hodnoty akomodační facility do dálky u emetropie a myopie. Můžeme si všimnout doposud nejvyššího rozdílu hodnot akomodační facility, kdy u emetropů je průměrná hodnota 13,5 cpm a u myopů pouze 8 cpm. Emetropové mají schopnost reagovat rychle a přesně na sférické změny, tedy na střídání spojných a rozptylných čoček po dobu jedné minuty.



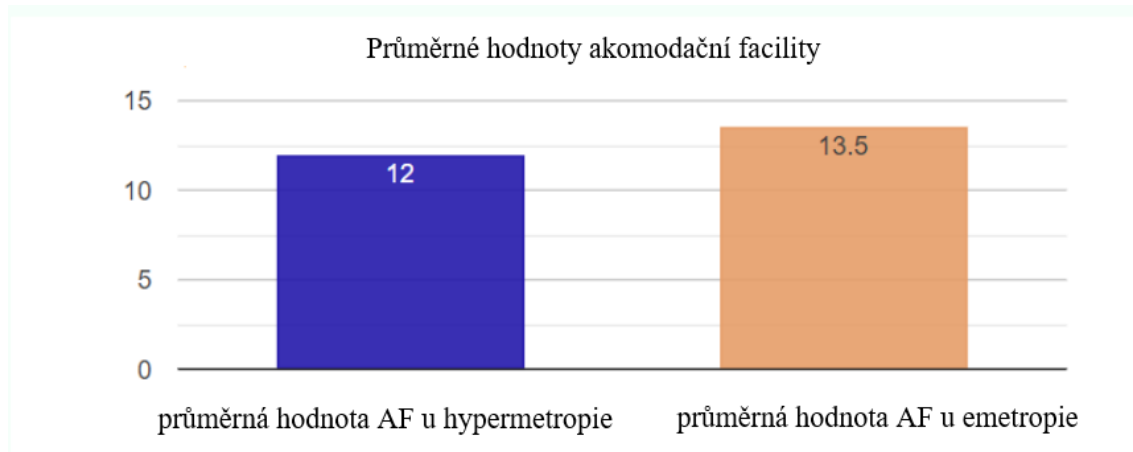
Graf 15: Průměrné hodnoty AF u porovnávaných skupin

Posledním možným porovnáním je hodnota akomodační facility do dálky u hypermetropie a emetropie. Zde již oproti grafu č. 9 a 10 můžeme vidět vyšší hodnotu AF právě u emetropie, do blízka tomu tak bylo u hypermetropie. P-hodnota vyšla vyšší než hodnota alfa ($p=0,07 > \alpha=0,05$), a tedy na hladině významnosti 5 % není statický rozdíl mezi porovnávanými skupinami.



Graf 16: Histogram akomodační facility do dálky u hypermetropie a emetropie

Posledním grafem bakalářské práce je porovnání průměrných hodnot akomodační facility mezi hypermetropií a emetropií. Z grafu je patrné, že vyšší průměrnou hodnotu vykazují právě emetropové, a to 13,5 cpm.



Graf 17: Průměrné hodnoty AF u porovnávaných skupin

8.4 Diskuze

Z praktického výzkumu bakalářské práce vyplývá, že do finálního výzkumu byli zařazeni pouze probandi ve věku 18 až 29 let. U presbyopů nebylo možné změřit akomodační facilitu o hodnotě $\pm 2,0$ D do blízka z důvodu významně vzdáleného blízkého bodu akomodace a výsledky by tedy byly zkreslené.

Při využití počítačového programu Microsoft Excel a za použití Mann Whitney testu se potvrdila hypotéza, že není významný rozdíl v závislosti na velikosti refrakční vady, ale při měření AF do dálky již záleží, o jaký typ refrakční vady se jedná a od toho se odvíjí velikost asociační forie.

Při měření AF do blízka nebyl potvrzen staticky významný rozdíl v závislosti na refrakční vadě probandů. U grafů 5 a 7 vyšla P-hodnota daleko vyšší než alfa ($p > 0,05$), a tudíž obě skupiny si jsou velmi podobné, byly malé odchylky mezi skupinami a nemůžeme zamítnout H_0 ani H_1 .

Při měření AF do dálky byla potvrzena závislost na refrakční vadě probandů. Při hodnocení grafu 11 a 14 byla P-hodnota podstatně nižší než hodnota alfa, a proto H_0 zamítáme ($p < 0,05$), byl nalezen statistický rozdíl mezi vyšetřovanými skupinami. Kdybychom měli porovnat grafy 11 a 14 mezi sebou, tak emetropové dosahují nejvyšších hodnot akomodační facility.

Z grafu 6 je možné také vyčíst, že hodnota AF u myopů je vyšší při vyšetření do blízka než do dálky (graf 12). Do blízka je průměrná hodnota 10 cpm, kdežto do dálky pouze 8 cpm. Nízká hodnota AF u myopů je způsobena delší dobou odezvy (více než 4 sekundy) na pozitivní akomodaci. Myopové mají abnormální akomodační reakce na rozostření.

Při testování akomodační facility do dálky vykazují emetropové a hypermetropové daleko vyšší hodnoty v porovnání s myopy.

9 Závěr

Na základě provedené rešerše v oblasti akomodace a s tím související akomodační pružnosti, jsem lépe pochopila tuto problematiku. Na akomodaci má vliv řada faktorů, které spolu úzce souvisejí. Kromě faktorů, které ovlivňují akomodaci zde jsou fyziologické či patologické poruchy. Nejvýznamnější, vyskytující se u všech klientů nad 40 let, je presbyopie, a to je hlavní příčina snížení akomodace. Pokud má člověk patologickou poruchu ať už například insuficienci nebo jinou poruchu, tak zpravidla je problém s akomodací a i konvergencí. V bakalářské práci je též popsána možnost řešení při výskytu patologické poruchy. Do podkategorie akomodace patří akomodační facilitita, která bývá vyšetřována převážně na blízkou vzdálenost, přesto jsou patrnější rozdíly (při porovnání myopů a emetropů) do dálky.

Studie prokazují vyšší hodnotu akomodační facility při měření do dálky u emetropů než u myopů. Při výzkumu byla změřena skupina lidí ve věku 18–27 let, z toho 37 myopů a 42 emetropů. Z jejich výsledků je patrné, že průměrná akomodační facilitita u myopů je 10 cpm a emetropů 16 cpm. Tento jev je způsoben řadou faktorů, mezi hlavní řadíme pomalejší rychlost reakce na pozitivní akomodaci.

Cílem praktické části bylo vyhodnotit a zanalyzovat data popisující akomodační schopnosti oka naměřené v oční optice Horus. V první části praktické části byla potvrzena snížená akomodační šíře s rostoucím věkem probanda. Celkový počet vyšetřovaných byl 27 ve věku 18 až 69 let, výsledek byl vnesen do grafu.

Druhá, podstatnější část se týkala měření AF do dálky i do blízka. Jak už z dřívějších výzkumů vyplývá, tak na blízkou vzdálenost není rozdíl hodnot při měření akomodační facility s ohledem na refrakční stav probandů. Toto tvrzení bylo potvrzeno i při mém měření.

Naopak při měření akomodační facility do dálky bylo předpokládáno, že myopové budou dosahovat nejnižších hodnot AF, a to se také potvrdilo. Zde již dochází k rozdílům až o 8 cpm méně v porovnání s emetropy.

Praktická část bakalářské práce potvrdila závislost akomodační facility na refrakční vadě, ale pouze při testování na dálku, naopak na blízkou vzdálenost nebyla potvrzena rozdílnost napříč různými refrakčními vadami.

10 Citovaná literatura

1. Autrata, R., Černá, J. *Nauka o zraku*. Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů Brno, 2006. 80-7013-362-7.
2. Anton, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. 80-7013-402-X.
3. Synek, S., Skorkovská, Š. *Fyziologie oka a vidění*. Praha : Grada, 2014. 978-80-247-3992-2.
4. Morris, By Clarence W. *The Scheiner Optometer**. Australian : Clinical and Experimental Optometry, 1966. 0816-4622.
5. Rozsival, P. Et al. *Oční lékařství*. Praha : Galén, 2006. 80-7262-404-0.
6. Oláh, Z. a kol. *Očné lékařstvo. Učebnica pre lekárske fakulty*. místo neznámé : Osveta, 1998. 80-88824-74-5.
7. Kvapilíková, K. *Anatomie a embryologie oka*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000. 80-7013-313-9.
8. Atchison, David. a George Smith. *Optics of the human eye*. Oxford : ButterworthHeinemann, 2000. 0-7506-3775-7.
9. *Eye human*. Britannica : Encyclopaedia, 2006.
10. John Forrester, Andrew Dick, Paul McMenamin, William Lee. *The eye: Basic Sciences in Practice*. London : Saunders Company Ltd., 1996. 0-7020-1790-6.
11. Roberts, Joan E. *Photobiology of the human lens*. New York City : Department of Natural Sciences, 2009.
12. Hornová, J. *Oční propedeutika*. Praha : Grada, 2011. 978-80-247-4087-4.
13. Kraus, H. a kol. *Zákaly*. Praha : Grada, 2000. 80-7169-967-5.
14. Syka, J., Voldřich, L. *Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu*. Praha : Avicenum, 1981.

15. Lang, G.K. *Ophthalmology: A Pocket Textbook Atlas*. Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2007. 3-13-126162-5.
16. Kraus, H. Et al. *Kompendium očního lékařství*. Praha : Grada, 1997. 80-7169-079-1.
17. Dartt, D.A., Besharse, J. C., Dana, R. *Encyclopedia of the eye*. Oxford : Academic Press, 2010. 978-0-12-374199-8.
18. Tunnacliffe, A. H. *Introduction to visual optics*. British : Abdo college of Education, 2004. 978-0-900099-28-1.
19. Kuchynka, P. a kolektiv. *Oční lékařství*. Praha : Grada, 2007. 978-80-247-1163-8.
20. Benjamin, William J. *Borish's Clinical Refraction*. Missouri : Butterworth Heinemann, 2006. 978-0-7506-7524-6.
21. Keirl, Andrew. a Caroline. Christie. *Clinical optics and refraction: a guide for optometrists, contact lens opticians, and dispensing opticians*. New York : Butterworth-Heinemann/Bailliere Tindall Elsevier, 2007. 0750688890.
22. Dietze, Holger. *Die optometrische Untersuchung*. New York : Vollständig uberarbeitete Auflage, 2015. 978-3-13-142232-3.
23. Kučera, P. Progresivní myopie, noční myopie. Praha : Kladno, ČVUT FBMI, 2021.
24. P., Výborný. *Nežádoucí účinky antiglaukomatik na oko*. Praha : Čes Slov Oftal, 2019.
25. Sharawy T.M., Sherwood M. B., Hitchings R. et al. *Glaucoma*. Elsevier. místo neznámé : Saunders Ltd., 2014. 9780702051937.
26. Láznicka, L. *Nežádoucí účinky léků na oko a jeho funkce*. Praha : Praktické lékařství, 2014.
27. M.D., Charlotta Zetterström. *Effects of adrenergic drugs on accommodation and distant refraction in daylight and darkness*. místo neznámé : Acta ophtalmologica, 1988. 1755375X.

28. Glasser, L. A. Ostrin and A. *The Effects of Phenylephrine on Pupil Diameter and Accommodation in Rhesus Monkeys*. místo neznámé : Investigative Ophthalmology & Visual Science January, 2004. 1552-5783.
29. Elliott, David. *Clinical procedures in primary eye care*. Philadelphia : Elsevier, 2020. 9780702077890.
30. Sejval, Ing. Jan. *Akomodace*. Olomouc : autor neznámý, 2009.
31. Peinado, G.A., P. Merino Sanz, I. Del Cerro Pérez a P. Gómez de Liano Sánchez. *Unilateral accommodation spasm*. Spain : Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, 2019. 21735794.
32. Lindberg, L. *Spasm of accommodation*. Bethesda : National Library of Medicine, 2014.
33. Polášek, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
34. Baštecký, Richard. *Praktická brýlová optika*. Praha : R + H optik.
35. ANTONA, B., BARRA, F., GONZÁLEZ, E., SÁNCHEZ, I., BARRIO, A. *Procedimientos clínicos para la evaluación de la visión binocular*. Netbiblo : Editorial Médica Panamericana S.A, 2009. 978-84-9745-420-9.
36. GOSS, D. A. *Ocular Accommodation, Convergence and Fixation Disparity: Clinical*. místo neznámé : Optometric Extension Program Foundation, 2009. 978-0-929780-24-5.
37. ROSENFELD, M., LOGAN, N. a EDWARDS, K. H. *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. Oxford : Elsevier, 2009. 978-0-7506-8778-2.
38. SEVERA, David, Pavel BENEŠ a Simona BRAMBOROVÁ. *Je libo PUSHUP? Je libo PUSHUP? Česká oční optika*, 2013.
39. EVANS, Bruce J. W. *Pickwell's binocular vision anomalies*. Edinburg : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. 978-0-7506-8897-0..
40. František, Pluháček. *Vyšetřování akomodace, studijní materiály UP*. Olomouc : autor neznámý.

41. Pandian, Ashok, a další. *Accommodative Facility in Eyes with and without Myopia*. místo neznámé : Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2007. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-1078>.
42. D J O'Leary, Peter M Allen. *Facility of accommodation in myopia*. místo neznámé : Ophthalmic and Physiological Optics, 2001. 10.1016/S0275-5408(01)00002-3.
43. Kučera, Přemysl. *Binokulární vidění, základy ortoptiky*. Praha : Kladno, ČVUT FBMI, 2021.
44. EPERJESI, Frank a Michelle M. RUNDSTROM. *Practical Binocular Vision*. Edinburg : Butterworth-Heinemann, 2004. 0750650109.
45. DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus* . Praha : Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1979. 80-201-0037-7.
46. EFRON, Nathan. *ed. Optometry A-Z*. Edinburgh : Elsevier ButterworthHeinemann, 2007. 978-0-7506-4913-1.
47. GROSVENOR, Theodore. *Primary care optometry*. St.Louis : Butterworth - Heinemann, 2007. 9780750675758.
48. JEŘÁBKOVÁ, Andrea. Insuficience konvergence. *Česká oční optika*. 2013.
49. SCHEIMAN, M. – WICK, B. *CLINICAL MANAGEMENT OF Binocular Vision*. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2014. 9781451175257..
50. COOPER, J., et al. *Care of the Patient with Accomodative and Vergence Dysfunction*. St.Louis : American optometric association, 2011.
51. Mohit U. Karkhanis, Chayanjit Ghosh, Aishwaryadev Banerjee, Nazmul Hasan, Rugved Likhite, Tridib Ghosh, Hanseup Kim, Carlos H. Mastrangelo. *Correcting Presbyopia with Autofocusing Liquid-Lens Eyeglasses*. USA : US National Institutes of Health NIBIB, 2021.

11 Seznam zkratk

Zkratka	Význam
D	Dioptrie
pD	Prizmatická dioptrie
AC/A	Poměr akomodační konvergence a akomodace
NPC	Blízký bod konvergence
BO	Báze ven u prizmatické čočky
BI	Báze dovnitř u prizmatické čočky
PFR	Pozitivní fúzní rezervy
NFR	Negativní fúzní rezervy
AF	Akomodační facilitita
BAF	Binokulární akomodační facilitita

12 Seznam obrázků

Obrázek 1: Struktura lidské čočky (11).....	3
Obrázek 2: Mechanismus akomodace podle Helmholtze (19).....	7
Obrázek 3: Mechanismus akomodace podle Schachara a Tscherninga (19)	8
Obrázek 4: Dondersova křivka (6).....	14
Obrázek 5: Schéma měření akomodační facility (40).....	25

13 Seznam tabulek

Tabulka 1: Chemické složení čočky (3).....	4
Tabulka 2: Závislost věku a pracovní vzdálenosti na hodnotě adice (30)	15
Tabulka 3: Poloha blízkého a dalekého bodu oka v závislosti na věku (33)	19
Tabulka 4: Srovnání velikosti akomodační šíře měřené různými metodami (37)	23

14 Seznam příloh

Příloha 1: Naměřené hodnoty pro kontrolní výzkum

Pohlaví	Věk	Anamnéza	Subjekt. refrakce	Push up bino (cm)	Akomodační šíře	BAF $\pm 2,0$ D 3x na 40 cm
muž	46	alergie	PO: +4,75 LO: +3,50	15	6,67	4,4,3
žena	60	potíže s páteří matka glaukom a katarakta	PO: +2,25, ADD: +2,5 LO: +2,25	30	3,33	nezměřeno - dělalo problémy
žena	52	diabetes, hypertenze	PO: +1,25 LO: +1,00	25	4,00	nezměřeno
muž	50	suché oko, hypertenze	PO: +0,75, ADD: +1,50 LO: +1,00	24	4,17	nezměřeno
muž	48	-	PO: plan, ADD: +0,75 LO: +0,5	15	6,67	1,2,2
žena	22	vysoká tlak - táta, alergie	PO: plan LO: plan	10,5	9,52	6,7,7
žena	46	dědeček - diabetes	PO: =0,25, ADD: +1,25 LO: plan	16	6,25	nezměřeno
žena	40	děda katarakta	PO: =0,5 LO: =0,5	12	8,33	7,8,8
muž	61	hypertenze	PO: =0,75, ADD: +2,25 LO: =0,25	30	3,33	nezměřeno
žena	47	-	PO: =1,75, ADD: +1,50 LO: =1,25	17	5,88	nezměřeno
žena	24	alergie, suché oko, bolest hlavy	PO: =2,75 LO: =2,50	8	12,50	8,9,8
žena	44	PO - keratokonus od narození	PO: =2,75, ADD: +1,0 LO: =3,00	12	8,33	8,9,9
žena	69	DM, po operaci štítné žlázy	PO: =4,00, ADD: +2,25 LO: =3,50	50	2,00	nezměřeno, pouze +
žena	40	-	PO: =4,75 LO: =3,25	10,5	9,52	10,10, 9 potom již táhlo oči
žena	54	-	PO: =4,50, ADD: +1,50 LO: =4,50	17	5,88	nezměřeno
žena	50	srdeční arytmie, revma	PO: =5,00, ADD +1,50 LO: =5,00	16	6,25	nezměřeno
žena	45	-	PO: =6,25 LO: =5,00	22	4,55	nezměřeno, pouze +
žena	32	-	PO: =7,75 LO: =7,75	12	8,33	5,6,5

Legenda k příloze 1

Pohlaví	označení	Subjektivní refrakce	označení
žena		myopie	
muž		hypermetropie	
		emetropie	

Příloha 2: Naměřené hodnoty pro finální výzkum

Pohlaví	Věk	Anamnéza	Subjektivní refrakce	Push up bino (cm)	Akomodační šíře	BAF ±2,0 D 3x na 40 cm	BAF plan a -2,0 D 3x na 5 m
žena	24	léky - HA	PO: +0,50 LO: +1,00	9,5	10,53	11,12,12	13,12,12
žena	29	-	PO: +0,75 LO: +0,50	11	9,09	10,11,11	11,12,12
muž	27	-	PO: +0,50 LO: +0,50	11	9,09	9,10,9	11,12,12
muž	26	-	PO: +0,25 LO: +0,50	10	10,00	12,12,11	14,13,14
žena	21	vysoký TK - táta	PO: plan LO: plan	9	11,11	12,5,13,12	18,17,18
žena	22	alergie, štítná žláza	PO: plan LO: plan	10	10,00	6,7,7	12,11,11
žena	18	-	PO: plan LO: plan	7,5	13,33	12,13,12	15,15,16
žena	24	štítná žláza - dohled	PO: plan LO: plan	10	10,00	8,8,9	12,13,13
muž	28	-	PO: plan LO: plan	10,5	9,52	8,9,9	12,12,11
žena	20	-	PO: plan LO: plan	9,5	10,53	12,12,12	14,14,14
muž	25	alergie	PO: plan LO: plan	10	10,00	8,9,9	12,12,12
žena	22	léky - HA	PO: plan LO: plan	9	11,11	11,12,12	15,15,15
žena	22	-	PO: =0,25 LO: =0,25	9	11,11	12,12,12	9,9,8
žena	28	-	PO: =0,25 LO: =0,50	11	9,09	11,11,10	9, 9, 8
žena	18	-	PO: =0,75 LO: =1,00	7	14,29	10,11,12	8,8,8
žena	25	-	PO: =1,0 LO: =1,75	9	11,11	11,12,12	9,9,8
muž	22	-	PO: =2,00 LO: =1,50	9	11,11	6,7,7	7,7,6
žena	27	v rodině DM	PO: =2,25 LO: =1,75	10,5	9,52	9,9,9	7,6,6
žena	24	suché oko, nosí KČ	PO: =2,75 LO: =2,75	8,5	11,76	8,8,7,5	5,5,4
muž	29	-	PO: =2,50 LO: =2,75	11	9,09	10,10,10	8,8,8

Legenda k příloze 2

Pohlaví	označení	Subjektivní refrakce	označení	BAF na 40 cm	označení	BAF na 5 m	označení
žena		myopie		normální hodnota > 8		normální hodnota > 8	
muž		hypermetropie		nenormální hodnota < 8		nenormální hodnota < 8	
		emetropie					