

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

AKOMODACE A REFRAKCE

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Jana Kotrcová

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2010/2011

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Lucie Glogarová

KONZULTANT:

RNDr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lucie Glogarové za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci 11. 5. 2011

Jana Kotrncová

Poděkování

Upřímné poděkování patří vedoucí moje bakalářské práce, Mgr. Lucii Glogarové, za její trpělivost, vstřícnost a podporu.

Dále děkuji RNDr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za poskytování odborných rad.

Děkuji figurantům, díky nimž jsem mohla realizovat výzkum v praktické části své bakalářské práce, za ochotu účastnit se měření a čas, který mi věnovali.

Také děkuji všem dobrodincům, kteří jakkoli přispěli ke zdárnému dokončení této práce, zejména za pomoc technického rázu, korekturu, psychickou podporu a motivaci.

Seznam použitých zkratk

AA	amplituda akomodace
AF	akomodační snadnost (z angl. <i>accommodative facility</i>)
BAF	binokulární akomodační snadnost
cpm	cyklů za minutu
cyl	cylindr
D	dioptrie
JZC	Jacksonův zkřížený cylindr
KČ	kontaktní čočka
MAF	monokulární akomodační snadnost
NRA	negativní relativní akomodace
PRA	pozitivní relativní akomodace
SE	sférický ekvivalent

OBSAH

ÚVOD	7
1 REFRAKCE	8
1.1 Optický systém oka	8
1.1.1. Rohovka	9
1.1.2 Čočka	9
1.1.3 Komorový mok a sklivec	11
1.2 Popis refrakce.....	11
1.3 Refrakční vady	11
1.3.1 Myopie	12
1.3.2 Hypermetropie	15
1.3.3 Astigmatismus.....	17
1.3.4 Korekce refrakčních vad	18
2 AKOMODACE	20
2.1 Složky akomodace	20
2.2 Mechanismus akomodace	20
2.2.1 Popis struktur oka zapojených při akomodaci	22
2.2.2 Teorie akomodace	23
2.3 Popis akomodace.....	25
2.3.1 Změny amplitudy akomodace s věkem.....	26
2.4 Poruchy akomodace	28
2.4.1 Exces akomodace	28
2.4.2 Spasmus akomodace	29
2.4.3 Insuficience akomodace	29
2.4.4 Obrna akomodace	29
3 ZÁKLADNÍ VYŠETŘENÍ AKOMODACE	31
3.1 Metody měření amplitudy akomodace.....	31

3.1.1 Push-up/push-down.....	31
3.1.2 Metoda rozptylky	34
3.2 Měření relativní akomodace.....	35
3.3 Měření akomodační snadnosti.....	35
3.4 Metody měření akomodační odezvy	36
3.4.1 Nottova dynamická skiaskopie	36
3.4.2 MEM (Metoda monokulárního odhadu)	37
3.4.3 Metoda zkřížených cylindrů.....	37
4 SOUVISLOST AKOMODACE S REFRAKCÍ.....	39
4.1 Vliv refrakce na akomodaci	39
4.2 Vliv akomodace na refrakci	39
4.3 Vliv poruch akomodace na refrakci	40
3.4 Vliv korekce na akomodaci.....	40
5 PRAKTICKÁ ČÁST	42
5.1 Metodika měření	42
5.2 Vyšetřované osoby	43
5.3 Výsledky a vyhodnocení studie	43
ZÁVĚR	46
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
PŘÍLOHY	49

ÚVOD

Ať už si to uvědomujeme, či nikoliv, zrak je nejdůležitějším smyslem, který máme. Vývoj vidění je složitý proces, v němž důležitou roli hraje oko jako optický systém. Do jaké míry se oko vyvinulo a v jakém stavu se nachází jeho optický systém, popisuje refrakce oka.

Akomodace je důležitým procesem odehrávajícím se v našem oku, kdykoli přesuneme zrak z předmětu vzdálenějšího a pozorujeme předmět bližší. Umožňuje nám pozorování předmětů v různých vzdálenostech. Akomodaci jako takové nevěnujeme sebemenší pozornost do té doby, než se sama ohlásí. To zpravidla bývá, když nastane její fyziologický pokles. Tento pokles akomodační šíře nás začne omezovat a do jisté míry ovlivní kvalitu našeho života, ať už zpočátku natahováním rukou nebo neustálým nasazováním a sundáváním brýlí, které je třeba použít pro ostré vidění do blízka.

Refrakce a akomodace jsou mezi sebou provázány. Navzájem se ovlivňují. Cílem této práce je souhrnné pojednání, ať už o refrakci a akomodaci, tak především o jejich vzájemném vztahu.

V úvodní kapitole této práce se věnuji refrakci a refrakčním vadám. Rozsáhlá část práce pojednává o akomodaci. Další navazující kapitola se věnuje měření akomodace. Důraz je kladen především na amplitudu akomodace, která je pak hlavní náplní experimentální části práce. Dostatečný prostor je však věnován i postupům měření dalších veličin akomodace. Ve čtvrté kapitole je popsán vzájemný vztah akomodace a refrakce, resp. refrakčních vad. Praktická část porovnává amplitudu akomodace s brýlovou korekcí a amplitudu akomodace s korekcí kontaktní čočkou. Má za úkol zjistit, jaká korekční pomůcka lépe vyhovuje dané refrakční sférické vadě v kontextu akomodačních požadavků.

1 REFRAKCE

Refrakcí rozumíme vzájemný vztah mezi lomivostí optického systému oka a délkou oka. [7]

1.1 Optický systém oka

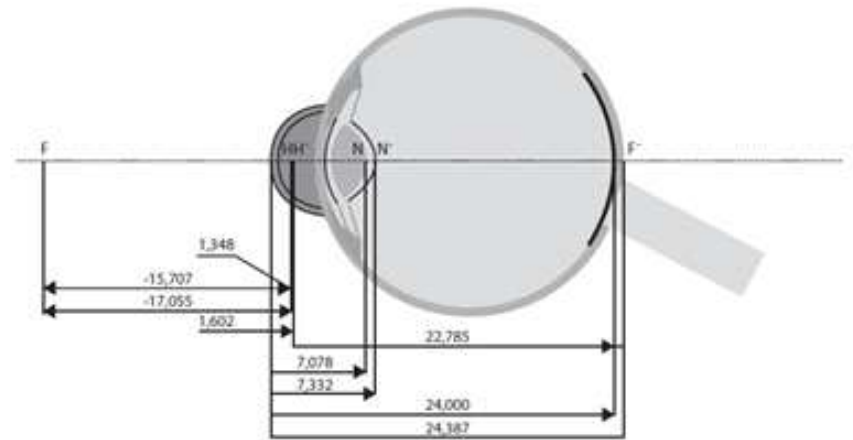
Oko, orgán zraku, jež je pro člověka nejdůležitějším zdrojem příjmu informací z okolního světa, je spojný optický systém s měnitelnou ohniskovou vzdáleností. Obraz předmětu procházející skrz tuto spojnou soustavu se na sítnici zobrazuje jako reálný, zmenšený a převrácený. Nicméně ho vnímáme jako přímý. Prvky optického systému oka tvoří: přední a zadní plocha rohovky, rohovková tkáň, komorová voda, přední a zadní plocha čočky, struktury uvnitř čočky a sklivec. Tedy samotná čočka tvoří čtyři lomivé plochy. Všechny tyto plochy a struktury se podílejí na lomu paprsků směřujících do oka. Děje se tak na základě zákona lomu světla při průchodu paprsků optickými prostředími. Tato prostředí jsou popisována indexy lomu, viz tabulka 1. [1, 2, 7]

	index lomu
rohovka	1,376
komorová voda	1,336
periferie čočky	1,386
jádro čočky	1,406
sklivec	1,336

Tab. 1 *Hodnoty indexu lomu jednotlivých optických prostředí podle Gullstrandova schematického oka [7]*

Největší lom nastává na rohovce, jelikož zde je největší rozdíl mezi indexy lomu jednotlivých prostředí, tedy vzduchu a stromatu rohovky. Z tabulky můžeme také zjistit, že index lomu čočky je o něco vyšší než index lomu, který mají okolní média, z toho vyplývá, že hlavními prvky, které se podílejí na lomu světelného paprsku, jsou tedy přední plocha rohovky a čočka. Přibližná hodnota optické mohutnosti rohovky je +42 D a oční čočky ve stavu bez zapojení akomodace +20 D. Délka oka je u dospělého

člověka asi 24 mm. Celková optická mohutnost oka je dle Gullstrandova oka +58,64 D. Model Gullstrandova schematického oka uvádí průměrné hodnoty normálních dospělých Evropanů, viz Obr. 1. [2, 7]



F a F'... předměťové a obrazové ohnisko, H a H'... předměťový a obrazový hlavní bod,
N a N'... předměťový a obrazový uzlový bod

Obr. 1 Gullstrandův model oka [7, upraveno]

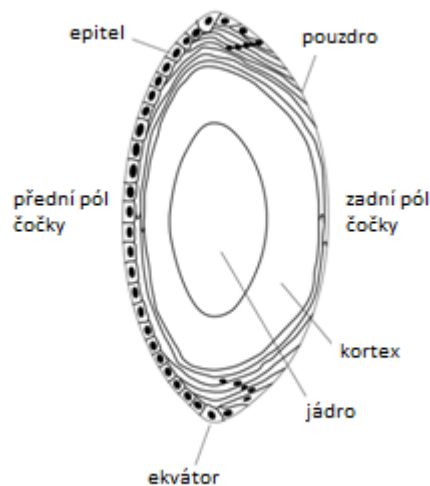
1.1.1. Rohovka

Rohovka je vstupním oddílem optického prostředí oka. Tvoří ji pět vrstev: epitel, Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána a endotel. Prostupnost pro světlo je umožněna díky její transparentci, kterou zajišťuje uspořádání jednotlivých vrstev. Rohovka má průměr asi 12 mm. Tloušťka rohovky je v jejím vrcholu 0,8 mm, v periferii pak 1 mm, což je dáno díky rozdílným poloměrům zakřivení její přední (7,7 mm) a zadní plochy (6,6 mm). Optická mohutnost rohovky je konstantní po celý život. [3, 10]

1.1.2 Čočka

Čočka je bikonvexní čirá struktura. Přední plocha čočky o poloměru zakřivení 10 mm a zadní plocha čočky o poloměru zakřivení 6 mm se spojují v oblasti ekvátoru. Čočka je složena z pouzdra, epitelu, kortexu a jádra, viz Obr. 2. Čočkové pouzdro je pružné, transparentní a nezvykle silné. Přední čočkové pouzdro je zároveň bazální membránou čočkového epitelu. Čočkový epitel je tvořen jednou vrstvou buněk,

dosahuje pouze po ekvátor a je metabolicky velmi aktivní. V oblasti ekvátoru se epitelové buňky diferencují na čočková vlákna, elongují (prodlužují se) a ztrácí buněčné organely, aby se minimalizovala difrakce světla. Pro umožnění průchodu světla čočkou musí být čočka transparentní, což je udržováno, jestliže metabolické a homeostatické procesy správně fungují. Aby čočka mohla plnit svou refrakční úlohu, musí mít index lomu odlišný od okolních médií (komorové vody a sklivce). Na této vlastnosti se podílejí specifické proteiny – krystaliny. Ty jsou též důležité pro transparentci čočky. Čočková vlákna s obsahem krystalinů tvoří hlavní masu čočky (kortex a jádro), tedy zajišťují její optické vlastnosti. Především prostorové uspořádání čočkových vláken, ale i krystalinů, zapříčiňuje, že je rozptýleno jen 5 % světla procházejícího čočkou. K lomu světelných paprsků dochází jednak vlivem anatomického tvaru čočky – centrálně uložené vrstvy jsou více zakřivené – a jednak na základě většího indexu lomu v jádře díky větší hustotě krystalinů a menšímu obsahu vody. Biochemické procesy též umožňují, že čočka chrání sítnici před UV zářením. V dospělosti má čočka průměr 9 mm. Předozadní rozměr je 5 mm. V průběhu života se čočka zvětšuje, neboť roste po celý život. Mění se tvar i optické vlastnosti. Čočka mění svou optickou mohutnost, resp. akomoduje. Rozsáhleji bude o akomodaci pojednáno v 2. kapitole této práce. [1, 7, 10]



Obr. 2 Řez čočkou [11, upraveno]

1.1.3 Komorový mok a sklivec

Komorový mok (komorová voda) vyplňuje prostor mezi rohovkou a čočkou. Je to čirá tekutina produkovaná řasnatým tělískem z krevní plazmy. Sklivec je transparentní gelovitá hmota, která vyplňuje prostor mezi čočkou a sítnicí. Z 99 % je tvořen vodou. [7, 10]

1.2 Popis refrakce

Početně je axiální refrakce A_R vyjádřena převrácenou hodnotou vzdálenosti dalekého bodu a_R (v metrech) od oka. Její jednotkou je dioptrie. [7]

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

Dalekým bodem rozumíme nejvzdálenější bod, který vidíme ostře při uvolněné akomodaci. U emetropického oka je daleký bod v nekonečnu. Axiální refrakce je tedy nulová. [7]

$$A_R = \frac{1}{\infty} = 0 \text{ D}$$

1.3 Refrakční vady

Emetropické oko je oko bez refrakční vady. Je zde správný poměr lomivosti optického systému oka ku délce oka. Paralelní paprsky jdoucí z předmětu v nekonečnu, u oka bez zapojené akomodace, vytvoří obrazové ohnisko na sítnici. Pro oko pojem nekonečno znamená již vzdálenost 5 až 6 metrů. Zraková ostrost na tuto vzdálenost u emetropa, člověka s emetropií, představuje vizení 1.0 nebo lepší. Je-li přítomna postačující amplituda akomodace, pak je stejně dobrá i zraková ostrost do blízka (40 cm). [5, 7, 9]



Obr. 3 *Emetropické oko* [5]

Ametropie je všeobecný termín pro refrakční stav oka odlišný od emetrie. Jedná se tedy o jiný název pro refrakční vadu. Paralelní paprsky jdoucí z předmětu v nekonečnu, u oka bez zapojené akomodace, se u ametropie nesbíhají na sítnici, ale mimo ni. Podle umístění tohoto ohniska rozlišujeme ametropii na myopii a hypermetropii. Jestliže neexistuje jediné ohnisko, což je tehdy, má-li oko v různých meridiánech (řezech) rozdílnou lomivost, nazývá se tato ametropie astigmatismus. Ametropické oko na sítnici vnímá rozmazaný obraz. [2, 5, 7]

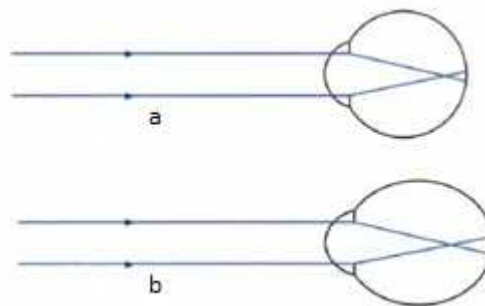
Refrakční vada (ametropie) je nesprávný poměr lomivosti oka a jeho délky. Tento nepoměr je dán nejčastěji nesprávnou délkou oka, pak mluvíme o **axiální (osové) ametropii**. Dále může být způsoben nesprávným zakřivením optických ploch tj. **křivostní (rádiusová) ametropie**. Výjimečně může být způsoben nesprávnou hodnotou indexu lomu některého z optických prostředí, hovoříme o **indexové ametropii**. Křivostní a indexová ametropie jsou dány nesprávnou lomivostí optického systému oka, proto je nazýváme lomivostní nebo také systémové ametropie. [7, 9]

Refrakční vady korigujeme brýlemi nebo kontaktními čočkami, případně chirurgicky. [7, 9]

1.3.1 Myopie

Myopie je vadou sférickou. Sférická vada je taková porucha optického systému oka, kterou lze korigovat sférickými optickými členy. [9]

U myopického oka (bez zapojené akomodace) se paralelní paprsky jdoucí z předmětu v nekonečnu sbíhají v ohnisku před sítnicí.



Obr. 4 Myopické oko a) lomivostní myopie b) axiální myopie [5, upraveno]

Nejčastější příčinou myopie je protažení délky oka. Původ vzácnější křivostní myopie, kdy je lomivost optického systému myopického oka větší než u oka

emetropického, může být např. keratokonus (kónické vyklenutí rohovky) nebo větší zakřivení přední nebo zadní plochy čočky (lentikonus). Lomivost čočky se také zvýší tím, dojde-li k uvolnění napětí jejího závěsného aparátu např. poraněním nebo spasmem akomodace. Důsledek je myopie. Indexovou myopii nacházíme při diabetu a při šedém zákalu. Indexová myopie je také vysvětlením toho, že starší člověk najednou odloží svou korekci do blízka, protože se mu zlepšil zrak z důvodu změny indexu. [1, 9]

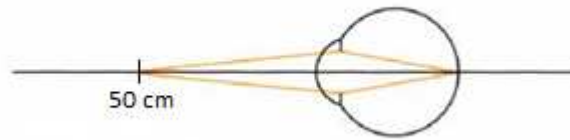
Daleký bod se u myopie nachází v konečné vzdálenosti před okem. Tato vzdálenost A_R se podle znaménkové konvence dosadí do vzorce pro výpočet axiální refrakce jako záporná hodnota. Po dosazení vychází $A_R < 0$ D. Myopii korigujeme rozptylnými čočkami. [9]

Klasifikace myopie podle hodnoty refrakce je následující: -0,25 až -3 D označuje myopii lehkou (simplex), -3,25 až -6 D myopii střední (modica), -6,25 až -10 D myopii vysokou (gravis), nad -10 D myopii těžkou, progresivní. [2, 7]

Progresivní neboli patologická, též bývá označována jako maligní myopie, tvoří jen malou část myopií. Tato myopie vzniká velmi časně. Je-li progresse (1 až 4 D za rok) v prvních letech veliká, nabývá později tato myopie vysokých hodnot. Jedna z teorií uvádí jako možnou příčinu malou rezistenci skléry vůči normální hodnotě nitroočního tlaku. Uspokojivé vysvětlení, co stojí za vznikem vyšších myopií, však nepodává žádná z teorií. Skléra se protažením ztenčuje zejména v zadní polovině bulbu, což vede ke změnám na očním pozadí. [1, 2]

Většina myopií je ale relativně stacionárních. Patří sem tzv. školní a tzv. pozdní myopie. Školní myopie se objevuje s nástupem na základní školu. Narůstá pomalu do puberty, přibližně ve 20. roku je už relativně stabilní. Maximálních hodnot dosahuje kolem -6 D. Pozdní myopie se objevuje po 18. roce s maximálními hodnotami -3 D. [1]

Myop objekty v dálce vidí rozmazaně, což si mnohdy neuvědomuje, nemá-li srovnání. Do blízka vidí dobře. Paralelní paprsky se sbíhají před sítnicí, sítnicí vnímaný obraz je neostrý, zato divergentní paprsky se sbíhají na sítnici. Předměty ve vzdálenosti tohoto dalekého bodu, který je ale u myopa blízko před okem, vidí ostře, bez zapojení akomodace. U myopie -1 D je tento bod 1 m před okem, u myopie -2 D 0,5 m před okem, viz Obr. 5. Předměty pak, které jsou ve vzdálenosti do tohoto dalekého bodu, vidí ostře s nižším zapojením akomodace než je tomu u emetropa. [1, 7]

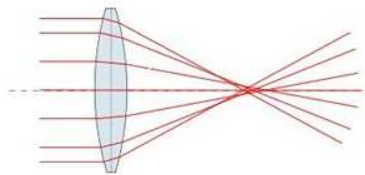


Obr. 5 Myop s vadou -2 D sleduje předmět ve vzdálenosti 50 cm bez zapojení akomodace [5, upraveno]

Obecně uznávaným faktem je, že k rozvoji myopie může vést častá a intenzivní práce do blízka bez dostatečného osvětlení. [9]

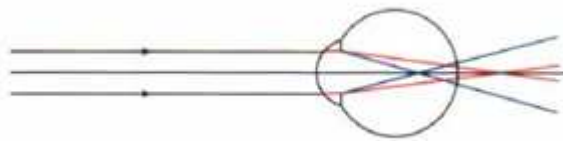
Kromě výše uvedených myopií existuje i několik typů myopií, které se projevují pouze za určitých podmínek. Jmenujme např. **noční myopii** a **přístrojovou myopii**.

Noční myopie se projevuje za snížených světelných podmínek. Na vzniku noční myopie mají podíl sférická aberace (otvorová vada), chromatická aberace (barevná vada) i psychické příčiny. Při sférické aberaci se paralelní paprsky s optickou osou po lomu na kulové ploše neprotínají v jednom ohnisku. Paprsky, které jsou dále od optické osy, mají kratší ohniskovou vzdálenost než paprsky blíže optické osy. V oku je tato vada oční čočky neutralizována vyšší lomivostí její centrální části, také úzkou zornicí, která propustí jen paprsky blíže optické osy. Na neutralizaci otvorové vady se rovněž podílí rohovka, díky většímu poloměru křivosti její periferní části. [1, 2]



Obr. 6 Sférická aberace [13]

Podstata barevné vady spočívá ve větším lomu světelných paprsků krátké vlnové délky (modrých) oproti lomu paprsků dlouhé vlnové délky (červených), které se lomí méně. Interval mezi ohniskem fialových a červených paprsků je $0,6\text{ mm}$. [1, 2]



Obr. 7 Chromatická aberace [5, upraveno]

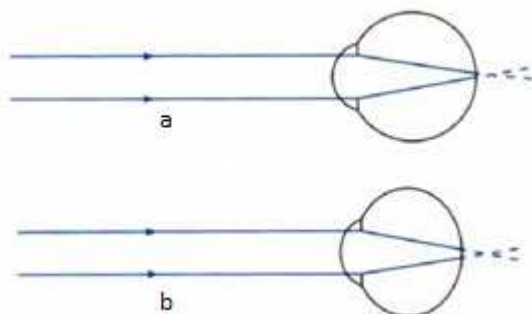
Podstatou noční myopie je, že ve tmě dochází k rozšíření zornice, jelikož intenzita vstupního osvětlení se snižuje. Rozšířením zornice se minimalizuje filtrace okrajových paprsků. Dále za setmění dochází k posunu do krátkovlnného (modrého) spektra. Jako psychická příčina se označuje přestřelování akomodace ve snaze doostření obrazu. Noční myopie má svůj podíl na bezpečnosti silničního provozu a také na vzniku astenopických potíží při nedostatečném osvětlení pracovního prostoru. [1, 9]

Vznik přístrojové myopie je důsledkem automatického aktivování akomodačního procesu při práci na přístrojích. Dosahuje -1 až -1,5 D. [9]

1.3.2 Hypermetropie

Hypermetropie je stejně jako myopie sférická refrakční vada.

U hypermetropického oka (bez zapojené akomodace) se paralelní paprsky jdoucí z předmětu v nekonečnu sbíhají v ohnisku za sítnicí. Je to způsobeno tím, že buďto má optický systém oka menší lomivost (ohnisková vzdálenost je větší) vzhledem k normální délce oka nebo že axiální délka oka je menší při zachování normální lomivosti optického systému. [5]



Obr. 8 *Hypermetropické oko a) lomivostní hypermetropie b) axiální hypermetropie* [5]

Ve většině případů převažuje druhá možnost, tedy že je oko krátké. Oko v prvních 3 letech života roste průměrnou rychlostí 1,7 mm za rok. Od 3 do 14 let už jen 0,1 mm za rok. Jak se s věkem prodlužuje axiální délka oka, tak se úměrně oplošťuje rohovka a čočka, fyziologicky by se mělo vyvinout oko emetropické. Nicméně více než 50 % očí má mírný stupeň hypermetropie. Nízká hypermetropie (do 0,50 D) je fyziologická. Má funkci přirozené obrany proti výše zmíněné noční myopii. I Gullstrandovo schematické oko, jakožto nejpřesnější model lidského oka, je mírně hypermetropické. [1, 9]

Růst délky hypermetropického oka byl ve vývoji opožděn, oko nedorostlo do správné délky. Rozdíl v délce oka hypermetropického od oka emetropického zpravidla nepřesahuje 2 mm, z čehož nám vyplývá, že se setkáváme s hypermetropiemi do 6 D. Změní-li se délka oka o 1 mm, nastane změna refrakce o 3 D. Původ křivostní hypermetropie může být vrozená vada rohovky (cornea plana) nebo následek úrazu. Indexovou hypermetropii vzniklou snížením indexu lomu čočky nacházíme u starších lidí a při onemocnění diabetem. Nastane-li nějakým způsobem posun čočky dozadu, vzniká též hypermetropie. [1, 9]

Daleký bod se u hypermetropie nachází za okem. Tato vzdálenost a_R se podle znaménkové konvence dosadí do vzorce pro výpočet axiální refrakce jako kladná hodnota. Po dosazení vychází $A_R > 0$ D. Hypermetropii korigujeme spojnými čočkami. [9]

Celková (totální) hypermetropie se skládá z několika složek. Latentní hypermetropií označujeme část hypermetropie, která je kompenzována fyziologickým napětím ciliárního svalu (asi 1 D). Manifestní neboli zjevná hypermetropie se pak dělí na část, kterou je oko schopno vyrovnat zvýšeným akomodačním úsilím – fakultativní hypermetropií – a na část, kterou oko již není schopno zvýšeným akomodačním úsilím vyrovnat – absolutní hypermetropií. Absolutní složka se projeví snížením zrakové ostrosti. [1, 7]

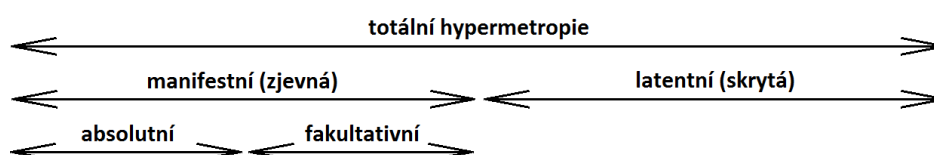


Schéma 1 Složky hypermetropie

Nejslabší spojka, která způsobí zlepšení zrakové ostrosti do dálky, udává absolutní hypermetropii. Hodnota dalších přidaných plusových čoček, se kterými se zraková ostrost do dálky nezhorší, je rovna fakultativní hypermetropii. Pro zjištění latentní hypermetropie je zapotřebí nakapání atropinu, který ruší tonus ciliárního svalu.

Hypermetrop pro ostré vidění do dálky musí akomodovat. O to víc musí pak zvýšit akomodační úsilí do blízka. Zatímco emetropovi stačí pro ostré vidění na 33 cm zvýšit akomodační úsilí o 3 D, potřebuje hypermetrop s vadou 2 D na tuto vzdálenost 5 D. Tím se dostáváme k potížím, které hypermetropii provází. Je-li akomodace

nadměrně zatížena, jsou kladeny větší požadavky i na souhru akomodace s konvergencí, což může vést k tzv. astenopickým potížím (tj. neostré, mlhavé, i dvojité vidění, obzvláště ve spojitosti se špatnými světelnými podmínkami či únavou, zčervenání oka, slzení, pocit palčivosti a řezání v očích, bolesti hlavy). Může nastat spasmus akomodace spojený s uměle vytvořenou myopií. Zapojení akomodace do dálky a následně do blízka se u nekorigovaných hypermetropů též projeví předčasným nástupem presbyopických obtíží. [1, 7, 14]

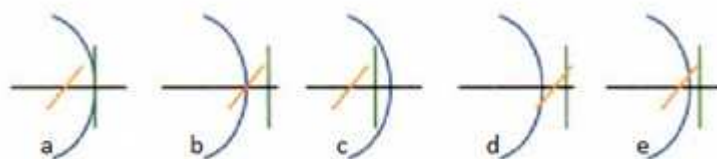
1.3.3 Astigmatismus

Astigmatické oko má v různých meridiánech (řezech) rozdílnou lomivost. Je na rozdíl od myopie a hypermetropie vadou asférickou. To znamená, že jej nelze korigovat sférickými optickými členy ani zvýšenou akomodací. U astigmatického oka (bez zapojené akomodace) se paralelní paprsky jdoucí z předmětu v nekonečnu nesbíhají v jediném bodovém ohnisku, nýbrž vytvářejí dvě ohniskové úsečky v různých rovinách. Vzdálenost mezi těmito úsečkami se nazývá ohniskový interval. Čím delší je tento interval, tím vyšší je stupeň vady. Rozdíl v lomivosti meridiánu s maximálním a meridiánu s minimálním refrakčním účinkem (tzv. hlavní meridiány) je astigmatická diference neboli cylindrická složka vady. [1]

Příčinou astigmatismu je nejčastěji vada zakřivení rohovky. Vzácněji se jedná o vadu zakřivení čočky nebo decentraci lomivých ploch čočky či rohovky či nepravidelnosti na sítnici.

Pravidelný astigmatismus (astigmatismus regularis) je takový astigmatismus, u něhož jsou hlavní meridiány na sebe kolmé. Dělíme jej na:

- Astigmatismus jednoduchý (simplex) – jeden meridián je emetropický a druhý buď myopický nebo hypermetropický
- Astigmatismus složený (compositus) – oba dva meridiány jsou buď myopické nebo hypermetropické
- Astigmatismus smíšený (mixtus) – jeden meridián je myopický, druhý hypermetropický [1]



Obr. 9 Typy pravidelného astigmatismu a) jednoduchý myopický, b) jednoduchý hypermetropický, c) složený myopický, d) složený hypermetropický, e) smíšený [5]

Astigmatismus se dále dělí na přímý a nepřímý, podle toho, který meridián je více lomivý. U přímého astigmatismu nebo také astigmatismu podle pravidla je lomivější vertikální meridián. U nepřímého astigmatismu nebo také astigmatismu proti pravidlu je lomivější meridián horizontální. Rohovkový astigmatismus bývá zpravidla přímý, čočkový pak nepřímý. Astigmatismus, který není ani přímý ani nepřímý, jehož meridiány se nacházejí v úhlech 45° a 135° , je astigmatismus šikmých os (obliquus). [1]

Nepravidelný astigmatismus (irregularis) je pak takový, jehož hlavní meridiány na sebe nejsou kolmé. Vzniká např. následkem poranění nebo při keratokonu. Takový astigmatismus nelze korigovat brýlovými čočkami.

Pravidelný astigmatismus korigujeme tórickými čočkami.

1.3.4 Korekce refrakčních vad

Myopii korigujeme nejslabší rozptylkou, která poskytne ostré vidění. Hypermetropii korigujeme nejsilnější spojkou, se kterou se vidění ještě nezhorší. [7]

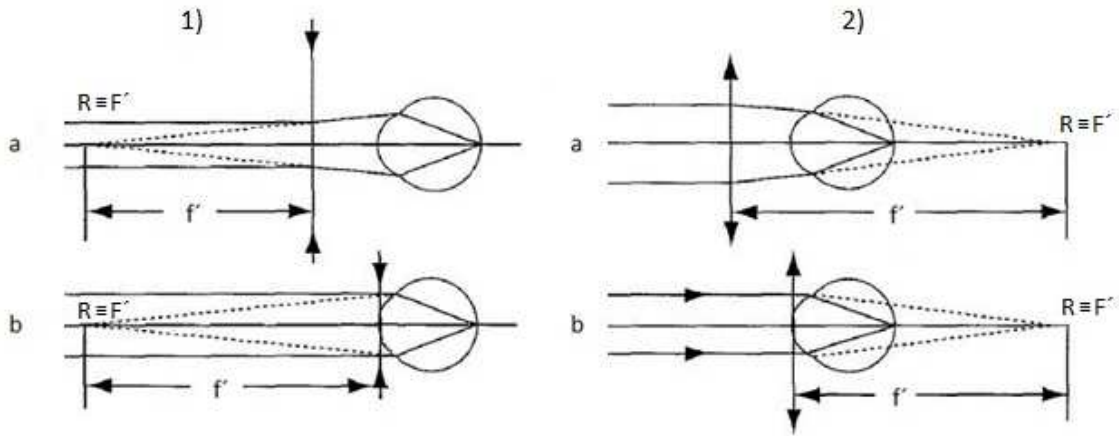
Ke korekci refrakční vady můžeme použít buďto brýlové nebo kontaktní čočky.

Korekční podmínka do dálky je definovaná takto: obrazové ohnisko korekční čočky leží u plně vykorigovaného oka v dalekém bodě oka, viz Obr. 10. [7, 9]

Při korekci kontaktní čočkou je třeba přepočítat hodnotu použité KČ. Tento přepočet provádíme kvůli změně vzdálenosti korekční pomůcky od oka. Přepočet provádíme podle uvedeného vzorce a to od hodnot ± 4 D naměřených ve zkušební obrubě. Vzorec pro přepočet je

$$S'_{KČ} = \frac{S'_{BČ}}{1 - dS'_{BČ}}$$

kde $S'_{K\check{C}}$... zadní vrcholová lámavost KČ, $S'_{B\check{C}}$... zadní vrcholová lámavost brýlové čočky, d ... vzdálenost zadní plochy korekční čočky od rohovky (zpravidla 0,012 m). [7]



R ... daleký bod oka, F' ... obrazové ohnisko korekční čočky, f' ... ohnisková vzdálenost korekční čočky

Obr. 10 1) Korekce myopie a) brýlovou čočkou b) kontaktní čočkou
2) korekce hypermetropie a) brýlovou čočkou b) kontaktní čočkou [5, upraveno]

Použijeme-li korekci KČ u myopa, tak i z Obr. 10 je patrné, že dioptrická hodnota použité KČ bude menší v porovnání s brýlovou korekcí, jelikož její ohnisková vzdálenost je větší. U hypermetopa tomu bude přesně obráceně. Dioptrická hodnota použité KČ bude větší.

2 AKOMODACE

Akomodace je schopnost oka, která umožňuje ostré vidění předmětů v různých vzdálenostech. Děje se tak na základě zesílení lomivosti optického systému oka. Jedná se o dynamický děj. [2, 6, 7, 8]

2.1 Složky akomodace

Proces akomodace se skládá z několika složek. Jedná se o tyto čtyři složky: tonická, proximální, vergenční a reflexní akomodace. Oko tihne k bodu ve vzdálenosti 1,33 m před okem. Je to pro něj klidový stav. Akomodaci na tuto vzdálenost nazýváme tonickou akomodací. Je přítomna vždy, aniž by potřebovala jakýkoli podnět. Další složkou je akomodace proximální, která vzniká na základě odhadu vzdálenosti předmětu. Vergenční akomodace je akomodace navozená konvergencí, tedy disjunktivním pohybem očí, který nastává při změně vzdálenosti pozorovaného předmětu. Konečnou doladovací složkou je reflexní akomodace. Tato složka se uskutečňuje na základě reflexu, jehož podnětem je detekce rozmazaného obrazu na sítnici. Právě díky této složce je obraz na sítnici zaostřen. [2]

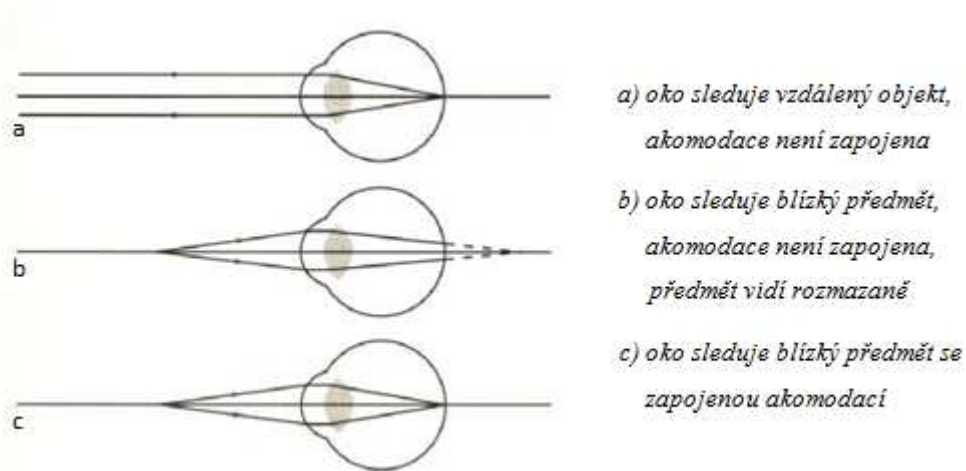
2.2 Mechanismus akomodace

Nerodíme se s dokonalým viděním. Reflex akomodace se vyvíjí ve čtvrtém měsíci po narození. Odvíjí se od vývoje ciliárního svalu. [6]

Podnět pro akomodaci je veden od podráždění čípků na sítnici nervovou dráhou do mozku a odtud pak vychází motorický podnět k ciliárnímu svalu. Funkcí ciliárního svalu a vlivem změn uvnitř čočky se pak upraví zobrazovací poměry tak, abychom obraz viděli ostře. Akomodace průměrně trvá asi 1 sekundu. [2, 9]

Produkované akomodační úsilí se liší během dne. Za denního osvětlení máme největší možnost pro uvolnění akomodace, protože sledujeme vzdálenější objekty. S klesajícím osvětlením k večeru se začínáme soustřeďovat na blízké, účelově osvětlené předměty, což je spojeno s větším akomodačním zapojením. [2, 9]

Při akomodaci dochází ke konvergenci a zužování zornic, jedná se o tzv. reflex pohledu do blízka. [2]

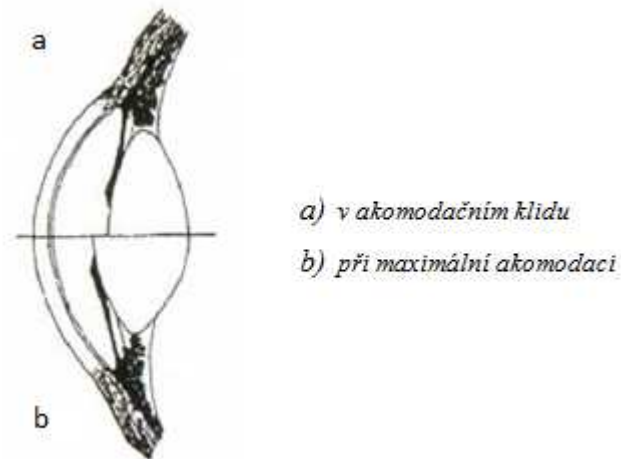


Obr. 11 Akomodace [5]

Zobrazujeme-li bod v nekonečnu, tedy bez akomodace, pak se u emetropického oka obraz tohoto bodu zobrazí ostře na sítnici. Pokud zobrazujeme bod v bližší vzdálenosti a nezměníme při tom optický systém oka, obraz tohoto bodu se nám vytvoří za sítnici, na sítnici vznikne neostrý obraz. Jsou tři možnosti jak ostrý obraz tohoto bližšího bodu posunout na sítnici:

- 1) Posunutím projekční plochy, tedy sítnice blíže k ostrému obrazu
- 2) Posunutím zobrazovacího systému blíže zobrazovanému předmětu
- 3) Změnou optické mohutnosti optického systému

Při reálné akomodaci se k docílení přeostrění setkáme se všemi výše uvedenými možnostmi, avšak v různém zastoupení. Prodloužení osy bulbu se děje pomocí zevních přímých svalů při dívání na blízko, tímto se posune projekční plocha. Tato funkce má minimální význam. Mírný posun zobrazovacího systému, resp. čočky, se děje pomocí činnosti fibrae meridionales (meridionálních vláken) v corpus ciliare (řasnatém tělísku). Největší úlohu při zobrazování předmětů v bližší vzdálenosti hraje oční čočka změnou své optické mohutnosti. Čočka zvyšuje svou optickou mohutnost zmenšením zakřivení svých ploch - **vnější** – **extrakapsulární akomodace** nebo zvýšením indexů lomu - **vnitřní** – **intrakapsulární akomodace**. Vnější akomodace se na celkové produkci akomodačního úsilí podílí ze 2/3. Zbytek, tedy 1/3, pak dotváří změny uvnitř čočky, tedy vnitřní akomodace. [3, 9]



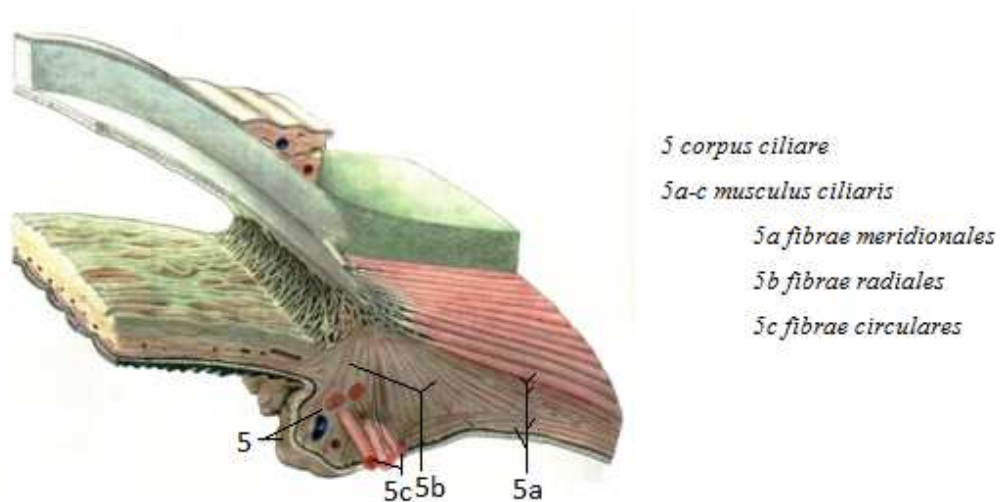
Obr. 12 Anatomické změny při akomodaci [1, upraveno]

2.2.1 Popis struktur oka zapojených při akomodaci

Aby akomodace mohla správně fungovat, je zapotřebí mít funkční ciliární sval v řasnatém tělísku, neporušený závěsný aparát a pružnou čočku. [6]

Corpus ciliare

Řasnaté tělísko se skládá z vazivového stromatu a svazků hladké svaloviny – ciliárního svalu. V ciliárním svalu se nachází prostorově uspořádaná vlákna: fibrae meridionales (musculus Brücke), fibrae circulares (musculus Mülleri) a fibrae radiales. [3]



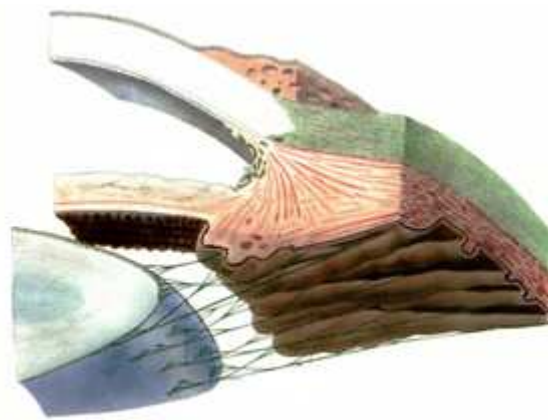
Obr. 13 Vlákna ciliárního svalu v řasnatém tělísku [3, upraveno]

Cévnatka

Při uvolnění činnosti ciliárního svalu je právě funkcí cévnatky táhnout za okraj řasnatého tělíska směrem ke sklěře a dozadu. Děje se tak pružností její vazivové vrstvy a krevním tlakem v kapilárách. Cévnatka tedy udržuje polohu čočky při dívání do dálky, kdy nejsou zapojena žádná ze svalových vláken ciliárního svalu. [3]

Závěsný aparát

Závěsný aparát čočky tvoří systém jemných zonulárních vláken. Tato vlákna se upínají do čočkového pouzdra před a za ekvátorem a do výběžků řasnatého tělíska. Na čočku přenáší účinky ciliárního svalu. [3, 10]



Obr. 14 Závěsný aparát čočky [3, upraveno]

Čočka

Čočka je detailně popsána v kapitole 1.1.2. Při akomodaci čočka mění svou optickou mohutnost především změnou zakřivení svých optických ploch. Změna poloměru křivosti přední plochy je výraznější, z původních 10 mm na 5,33 mm. Změna poloměru křivosti zadní plochy je z 6 mm taktéž na 5,33 mm. Změnu tvaru čočky umožňuje její elasticita. [2, 7, 9]

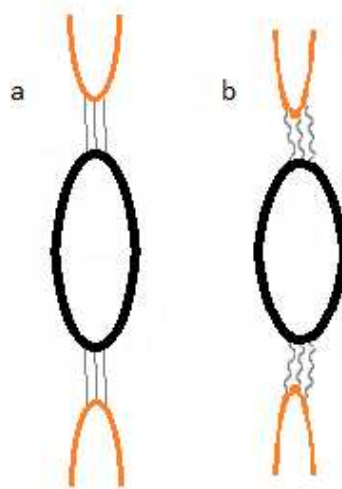
2.2.2 Teorie akomodace

Dodnes přesně nevíme, jak proces akomodace do detailů funguje. Nejznámější jsou tyto tři teorie akomodace: Helmholtzova (kapsulární) teorie, Teorie podle Schachara a Tscherninga a Colemanova teorie. V současné době se hledá optimální model, protože žádné z těchto doposud známých teorií nejsou schopny akomodaci plně vysvětlit. [7]

Helmholtzova (kapsulární) teorie

Tato teorie je založena na kontrakci ciliárního svalu. Ciliární sval se při kontrakci pohybuje dovnitř a dopředu, čímž se uvolní vlákna závěsného aparátu. Čočka je zbavena tahu do periferie. Vyklenutí čočky, a tím zvýšení její dioptrické síly, je umožněno elasticitou pouzdra. Není-li akomodace zapojena, ciliární sval je uvolněn. Závěsná vlákna se znova napnou a udržují čočku v jejím plochém tvaru. Pohyb ekvátoru čočky se u této teorie děje při zapojení akomodace od skléry, při uvolnění akomodace ke sklěře. Helmholtzova teorie však neodpovídá na otázku vyklenutí pouze přední plochy čočky. Toto vysvětluje až **Fincham**, který tvrdí, že tloušťka pouzdra není ve všech místech stejná a proto se vyklenuje právě přední plocha čočky, jelikož zde je pouzdro tenčí než v oblasti periferie, která se tolik nevyklenuje. Vůbec nejtenčí je pouzdro v oblasti zadního pólu. Zde se ale při akomodaci nevyklenuje, jelikož je na maximální možnou míru vyklenuto již před akomodací. [7]

Ciliární sval je pro akomodaci inervován parasymptikem. Pro zachování ostrosti přibližujícího se předmětu k oku, je zapotřebí častějších parasymptických impulzů, které obstarají adekvátní stah svalu. [7]



Obr. 15 *Nákres Helmholtzovy teorie akomodace a) ciliární sval je pvolen, vlákna jsou napnuta
b) ciliární sval je kontrahován, vlákna jsou pvolena*

Teorie podle Schachara a Tscherninga

Teorie Schachara a Tscherninga jsou si podobné. Spočívají na odlišném umístění úponu zonulárních vláken. Ekvatoriální část zonuly má úpon v přední části řasnatého tělíska, kdežto přední a zadní část zonuly má úpon v jeho zadní části. Kontrakcí ciliárního svalu nastane posun jeho přední části ke sklěře a blíže kořenu duhovky. Tímto pohybem se napne ekvatoriální zonula a naopak nastane uvolnění přední a zadní zonuly. Toto se projeví na tvaru čočky prodloužením vertikálního průměru se současným ztenčením periferní části čočky a vyklenutím části centrální viz Obr. 16. Hlavní rozdíl této teorie oproti teorii Helmholtzově je tedy v pohybu řasnatého tělíska ke sklěře, u Helmholtze od skléry. Tscherning se od teorie Schachara liší zapojením sklivce při procesu akomodace. [7]



Obr. 16 Změna tvaru čočky při akomodaci podle teorie Schachara a Tscherninga [7, upraveno]

Colemanova teorie

Coleman upozorňuje na okamžitou a přesně opakovatelnou změnu tvaru čočky. Svoji teorii postavil na rozdílném tlaku mezi přední komorou a sklivcovým prostorem. Tento rozdílný tlak je následkem kontrakce ciliárního svalu. Čočka, závěsný aparát a přední sklivec, jež podle této teorie tvoří diafragma mezi prostorem přední komory a sklivce, se díky zvýšenému tlaku ve sklivci a sníženému tlaku v přední komoře vyklenou dopředu. [7]

2.3 Popis akomodace

Akomodaci početně popisuje **amplituda akomodace**. Ta nám udává největší možný přírůstek refrakční síly oka, kterého lze akomodací dosáhnout. Vyjadřujeme ji v dioptriích. Amplituda akomodace spolu s refrakcí ovlivňuje **akomodační oblast Δa**

(akomodační interval), tj. rozmezí mezi dalekým a blízkým bodem, ve kterém oko vidí předměty ostře. Dalekým bodem rozumíme nejvzdálenější bod, který vidíme ostře při uvolněné akomodaci. Blízký bod je nejbližším ostře viděným bodem při maximálním zapojení akomodačního úsilí. Amplitudou akomodace neboli akomodační šíří A_{ξ} pak rozumíme rozdíl převrácených hodnot vzdáleností dalekého bodu a_R a blízkého bodu a_P , vyjádřených v metrech.

$$\Delta a = a_R - a_P \quad \text{resp.} \quad \Delta a = \frac{1}{A_R} - \frac{1}{A_P}$$

$$A_{\xi} = \frac{1}{a_R} - \frac{1}{a_P} \quad \text{resp.} \quad A_{\xi} = A_R - A_P,$$

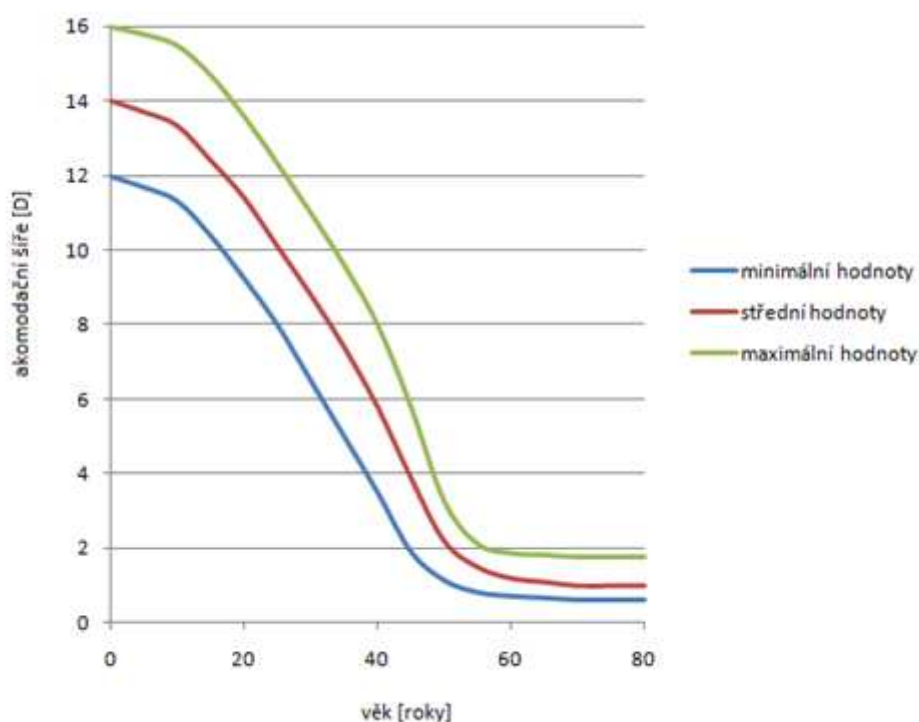
kde A_R ...vergence dalekého bodu, A_P ...vergence blízkého bodu. [1, 2, 4, 6, 7]

U emetropického oka nebo u oka s optimální korekcí do dálky je daleký bod v nekonečnu. Tím se výraz zjednoduší. Amplitudu akomodace pak udává pouze převrácená hodnota blízkého bodu. [4, 9]

2.3.1 Změny amplitudy akomodace s věkem

S narůstajícím věkem amplituda akomodace plynule klesá. Od 14 D v předškolním věku až po 1 D kolem 60. roku. Kolem 45. roku představuje akomodační šíře jen 4 D, což odpovídá blízkému bodu ve 25 cm. Značný pokles akomodace nastává již v dětství, avšak neschopnost zaostřit na blízko vlivem nedostatečné akomodační šíře se u emetropa projeví mezi 40. a 45. rokem. S věkem podle Helmholtze klesá pružnost čočky, která již není schopna takového vyklenutí a tedy adekvátní změny své optické mohutnosti. Schachar vidí příčinu neschopnosti čočky zvýšit optickou mohutnost v jejím neustálém růstu. Růstem se ekvátor čočky přibližuje k řasnatému tělísku a účinnost zonulárních vláken tímto klesá. [2, 7, 10]

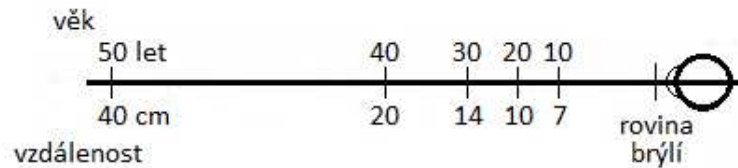
Hodnoty akomodační šíře v závislosti na věku ukazuje Duaneův graf. [9]



Graf 1 *Duaneův graf* [podle 9]

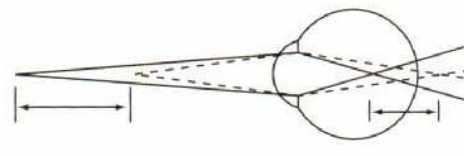
Manifestace fyziologického poklesu akomodační šíře se nazývá **presbyopie**, lidově řečeno vetchozrakost. Jedná se o pomalý, na věku závislý a ireverzibilní proces. S redukcí akomodační šíře se blízký bod vzdaluje od oka, vidění na běžnou pracovní vzdálenost se stává rozmazaným. Aby si člověk dopomohl k opětovnému ostrému vidění, začne texty dávat dál od očí. Rozmazané vidění do blízka též kompenzuje zvýšeným akomodačním úsilím, což znamená, že využívá plný rozsah amplitudy akomodace. Nicméně lidské oko není stavěno na to, aby mohlo dlouhodobě (např. při delší práci do blízka, při delším čtení) akomodovat na maximum, ale potřebuje mít alespoň 1/3 akomodační šíře jako akomodační rezervu. Není-li tato rezerva splněna, pak zvýšené akomodační úsilí působí nejen astenopické potíže, únavu, bolestivost při čtení ale třeba i spasmus akomodace a pseudomyopii. [1, 2]

Presbyopii korigujeme tzv. adicí neboli přídatkem do blízka. Přidává se ke korekci na dálku. Jedná se o takovou spojnou čočku, která poskytne potřebnou rezervu amplitudy akomodace. Při stanovení korekce přihlížíme ke konkrétnímu požadavku pracovní vzdálenosti. [1, 2]



Obr. 17 Vzdalování blízkého bodu v závislosti na věku [podle 5]

Když amplituda akomodace fyziologicky vymizí, což nastává přibližně ve věku 55 až 60 let, přesto naměříme nenulovou amplitudu akomodace. Příčina spočívá v hloubce ostrosti. Ostříme-li na určitou vzdálenost, nevnímáme ostře pouze předměty v této rovině, ale i předměty kus za a kus před touto rovinou. Rozsah mezi těmito krajními body, kde se nám předměty při konstantní akomodaci jeví jako ostré, nazýváme hloubkou pole (hloubkou ostrosti). Hloubka ostrosti se mění v závislosti na šíři zornice. Při užší zornici je větší. [4, 8, 10]



Obr. 18 Hloubka ostrosti [5]

2.4 Poruchy akomodace

Poruchy, které jsou popsány v této podkapitole, již nejsou fyziologické povahy (oproti presbyopii popsané výše), ale jedná se o patologické stavy. Tyto stavy jsou na rozdíl od presbyopie charakteristické náhlým nástupem. Jsou provázené změnami ve velikosti a reakcích zornic, případně anomáliemi konvergence. [2, 5]

2.4.1 Exces akomodace

Exces akomodace neboli nadměrná akomodace vzniká při dlouhodobé četbě či práci do blízka, obzvláště, je-li tato činnost spojena s nedostatečným nebo přehnaně intenzivním osvětlením. Působí zhoršené vidění do dálky i blízka. Je provázen těžkými astenopickými potížemi díky přidružení nadměrné konvergence a pseudomyopie.

Náchylnější k akomodačnímu excessu jsou hypermetropové. Léčivem jsou cykloplegika. [1, 2]

2.4.2 Spasmus akomodace

Spasmus akomodace se může objevit u nekorigovaných případně podkorigovaných hypermetropů či presbyopů. Je poměrně vzácný. Charakteristický je tranzitorní myopií (až -10 D). Dalším jeho znakem je makropsie. To je chybné vnímání pozorovaných blízkých předmětů, jež se zdají být větší, než ve skutečnosti jsou. Je to dáno tím, že pro ostré vidění předmětů v blízké vzdálenosti vynakládáme minimální akomodační úsilí. U spasmu akomodace nacházíme exces akomodace, současně exces konvergence a miózu. Příčinou může být intoxikace, infekce, iridocyklitida, některé léky, přepínání akomodace čtením z velmi blízké vzdálenosti. Spasmus se uvolní spontánně, nebo pomůže cykloplegie. [1, 2]

2.4.3 Insuficience akomodace

Insuficiencí akomodace rozumíme předčasnou presbyopii. Presbyopické obtíže se zde objevují před 40. rokem. Jde buď o patologii čočky, což je nadále stálý stav nebo o nedostatečnou funkci ciliárního svalu. V tomto případě se jedná o přechodný stav, který může být způsoben např. poruchou svalové rovnováhy či vlivem oslabení zdravotního stavu. Potíže jsou stejné jako u presbyopie – únava očí, astenopie, bolesti hlavy. Je zde také typická porucha souhry akomodace a konvergence. Akomodační úsilí není využito na dostatečné zvýšení lomivosti systému oka, zato zapříčiňuje nadměrnou konvergenci. Zlepšení můžeme docílit aktivním cvičením akomodace. [1, 2]

2.4.4 Obrna akomodace

Obrna akomodace má za následek zhoršené vidění do blízka (u hypermetropie i do dálky). Příčinou může být úraz oka, infekce, vaskulární léze, degenerativní stav zasahující mozkový kmen, chronický alkoholismus, chřipka, diabetes, záškrt, botulismus, porucha III. hlavového nervu, oční onemocnění zasahující řasnaté tělísko aj. Typická je obrna zornic. Zornice se nachází v mydriáze vlivem společné inervace

ciliárního svalu i zornicového svěrače parasympatickými vlákny. Charakteristická je mikropsie – předměty se zdají být menší, než ve skutečnosti jsou, což je dáno velkým úsilím akomodace pro ostré vidění blízkých předmětů. Léčí se základní onemocnění. [1, 2, 5]

3 ZÁKLADNÍ VYŠETŘENÍ AKOMODACE

Schopnost akomodace popisuje několik veličin. Měříme amplitudu akomodace, relativní akomodaci, akomodační snadnost a akomodační odezvu.

Máme-li podezření na možný akomodační problém, který můžeme očekávat, udává-li vyšetřovaný symptomy jako je kolísavé vidění do dálky či neschopnost zaostření do dálky po práci do blízka, přistupujeme k testům akomodace. [12]

Výsledky měření akomodace mohou být také použity pro stanovení presbyopické korekce. [4]

3.1 Metody měření amplitudy akomodace

Amplituda akomodace byla popsána již v kapitole 2.3. Byl uveden teoretický vzorec pro její stanovení. Nyní bude popsáno její měření v praxi.

Vyšetřování akomodace provádíme v přísně pseudoemetropickém stavu, což u člověka s ametropií znamená, že je správně vykorigován. Daleký bod soustavy oko – brýle se nachází v nekonečnu. [9]

Pro měření amplitudy akomodace můžeme použít buď metodu push-up/push-down nebo metodu rozptylky.

Binokulárně měřená amplituda akomodace bývá o 0,5 D větší než monokulární. [1]

3.1.1 Push-up/push-down

Při této metodě prakticky měříme blízký bod. Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.3, potřebujeme znát tuto vzdálenost pro dosažení do zjednodušeného vzorce. Test Push-up/push-down je rychlý a snadno proveditelný. K očím vyšetřovaného přibližujeme tabulky do blízka nebo jezdec akomodačního pravítka, dokud se text nerozmaže (push-up amplituda). Potom je tabulka od očí oddalována, dokud se text znova nezaostří (push-down amplituda). Průměr těchto prahových hodnot nám pak udává blízký bod. Díky schopnosti akomodace neboli zaostřování jsme schopni vidět tabulky do blízka ve velkém rozsahu vzdáleností. Jelikož amplituda akomodace vyjadřuje celý rozsah

akomodace, za blízký bod považujeme až bod, který je trvale rozmazán. Nikoliv bod, ve kterém dojde k prvnímu znatelnému rozmazání textu, jež je následně zaostřeno. Je upřednostňováno použití kombinace push-up měření a push-down měření, neboť vyrovnává nepatrné přecenění push-up techniky a nepatrné podcenění techniky push-down. [4]

Postup měření:

Test provádíme se správnou korekcí do dálky. Ale můžeme provést i s původní korekcí pacienta jako screeningový test. Jestliže provádíme měření u počínajících presbyopů, předřadíme částečnou adici cca +1 D pro 45-50 let věku, abychom byli schopni změřit blízký bod pomocí akomodačního pravítka, který se nám tímto posune blíž k oku. Vyšetřující sedí přímo proti vyšetřovanému, aby obě oči měly stejné podmínky pro dívání. U malých dětí resp. i u mladých lidí, kteří mají vysokou hodnotu amplitudy akomodace, je užitečné přidat -3 D, aby se blízký bod posunul dále od oka. Děláme to proto, že nepatrný rozdíl ve vzdálenosti blízkého bodu blíže u oka způsobí velký rozdíl v hodnotách dioptrií. Test provádíme pro každé oko zvlášť (použijeme okluzi), následně pak binokulárně. Vyšetřovaný sleduje nejmenší text, který přečte na vzdálenost 40 cm (nejčastěji 1.0) Tabulku posouváme pomalu k vyšetřovanému. Vyšetřovaný sleduje písmo a oznámí, kdy se mu poprvé rozmaže. Když vyšetřovaný zaznamená rozmazání textu, požádáme ho, aby zkusil text zaostřit. Bude-li to možné, pokračujeme v posouvání tabulky k očím, až do bodu kdy dosáhneme trvalého rozmazání, tedy zaostření už nebude možné. Zaznamenáme tuto vzdálenost od roviny brýlí. Dále pokračujeme od špičky pravítka, tedy od konce bližšího vyšetřovanému, kdy je text naprosto rozmazán. Tabulku pomalu oddalujeme od vyšetřovaného a ptáme se, kdy se mu text poprvé zaostří. Zaznamenáme vzdálenost od roviny brýlí. Amplituda akomodace může být určena dioptrickým průměrem těchto dvou hodnot (push-up amplitudy a push-down amplitudy). Připočteme účinek přidaných skel, která jsme použili pro změření blízkého bodu, abychom dostali skutečnou amplitudu akomodace. Např. přidali jsme +1 D a změřená amplituda byla 4,50 D, skutečná amplituda je 3,50, protože přidaná čočka nám poskytla 1 D. Jestliže jsme přidali -3 D a amplitudu jsme naměřili 7,50 D, skutečná amplituda pak bude 10,50 D. Jestliže se získané hodnoty akomodace výrazně liší od tabulkových hodnot, tedy hodnot odpovídajících věku, provedeme měření ještě jednou, abychom vyloučili chybu v postupu. U mladých lidí

rozdíl do 1,50 D od tabulkových hodnot nebo v jednotlivých měřeních provedených s odstupem času obvykle není klinicky významný. [4]

Možnosti měření blízkého bodu

U emetropického oka resp. pseudoemetropického oka je momentální akomodační výkon dán převrácenou hodnotou vzdálenosti konkrétního pozorovaného bodu od předmětové hlavní roviny oka. Amplituda akomodace se rovná maximálnímu akomodačnímu výkonu. Vzdálenost blízkého bodu od hlavní předmětové roviny oka je nejpřesnější a kompletní vyjádření. Nicméně v klinické praxi se vzdálenost blízkého bodu měří od roviny brýlí, tedy s určitou chybou. U ametropického oka se pak jedná o blízký bod soustavy oko – korekční pomůcka.

K měření blízkého bodu můžeme použít akomodační pravítko (RAF rule), dále The Krimsky Price Rule, a nebo obyčejné pravítko a tabulky do blízka, viz Obr. 19, 20, 21. RAF rule i The Krimsky Prince Rule uvádějí mimo stupnice v cm, také stupnici přímo dioptriích a k ní odpovídající stupnici norem věku.



Obr. 19 Akomodační pravítko (RAF rule) [15]

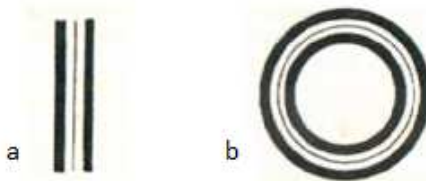


Obr. 20 The Krimsky Prince Rule [15]



Obr. 21 Obyčejné pravítko a tabulky do blízka [15]

Další možností jak orientačně měřit polohu blízkého bodu je **Duaneův test**, viz Obr. 22 a). Tvoří ho dvě silné čáry s tenkou čarou uprostřed, podle níž se test vyhodnocuje. Tloušťka tenké čáry odpovídá jedné úhlové minutě, je-li sledována z předpokládané zkušební vzdálenosti. Zaznamenáváme vzdálenost, ze které je tato tenká čára vyšetřovaným ještě vnímána ostře. Měříme-li oči astigmatické, je výhodnější použít Glaserův test, viz Obr. 22 b), kde je tenká čára obklopena mezikružím. Silné čáry jsou podnětem k fixaci a akomodaci. [9]



Obr. 22 a) Duaneův test b) Glaserův test [9]

3.1.2 Metoda rozptylky

Další metodou měření akomodace je metoda rozptylky. Při tomto testu se zvyšuje hodnota předkládaných minusových skel, dokud se pozorovaný text ve vzdálenosti 40 cm (vizus1.0 nebo nejlepší, který přečte) nerozmaže (Sheardova technika). Tato metoda ovšem poskytuje nižší hodnoty než metoda push-up. K provedení této metody je vhodnější použít foropter. [4]

věk	Akomodace (D)		
	Donders (push-up)	Duane (push-down)	Sheard (rozptylka)
10	14	11	-
15	12	10,50	11
20	10	9,50	9
25	8,50	8,50	7,50
30	7	7,50	6,50
35	5,50	6,50	5
40	4,50	5,50	3,75
45	3,50	3,50	-
50	2,50	-	-
55	1,75	-	-

Tab. 2 Monokulární hodnoty akomodace v závislosti na věku [4]

3.2 Měření relativní akomodace

Relativní akomodace popisuje, o jakou hodnotu se může měnit akomodace při pohledu na danou vzdálenost, aniž by došlo k rozmazání (méně často rozdvojení) obrazu. Měříme pozitivní (PRA) a negativní relativní akomodaci (NRA). Pozitivní relativní akomodaci měříme předkládáním rozptylných čoček, neboť jimi akomodaci navozujeme. Negativní akomodaci měříme naopak předkládáním spojných čoček, kterými akomodaci uvolňujeme. Čočky předkládáme binokulárně, dokud se text nerozmaže. Vyšetřovaný sleduje na vzdálenost 40 cm řádek 1.0 příp. nejmenší, který přečte. [12]

Pozitivní relativní akomodace (PRA)	
normální hodnoty	-1,75 až -3,00 D

Tab. 3 Normální hodnoty PRA na 40 cm [12]

Negativní relativní akomodace (NRA)		
< 1,75 D	+1,75 až +2,25 D	> 2,50 D
limitovaná konvergence překorigování do plusu	normální hodnoty	kontrola korekce

Tab. 4 Normální hodnoty NRA na 40 cm [12]

3.3 Měření akomodační snadnosti

Akomodační snadnost je schopnost rychlé změny akomodace na základě změny akomodačního požadavku. Snížená akomodační snadnost souvisí s díváním na blízko, jež se stává problematickým a může být přítomna při normálních hodnotách amplitudy akomodace. Měření akomodační snadnosti provádíme pomocí ± 2 D flipru. Se změnou hodnoty předložené čočky, se mění akomodace vyšetřovaného bez změny konvergence. [4]

Měříme za denních světelných podmínek, případně použijeme přídavné osvětlení čtecí karty. Vyšetřovaný sleduje tabulky do blízka v normální čtecí vzdálenosti (40 cm). Velikost znaků o řádek větší než je binokulární zraková ostrost do blízka. Test začínáme předložením +2 D. Text se rozmaže. Vyšetřovaný jej zkusí doostřit a nahlásí, jakmile se

mu text vyjasní. Hned jak vyšetřovaný oznámí, že se mu text zaostřil, rychle změním flipr na hodnotu -2 D. Vyšetřovaný opět oznámí, až se mu text znova zaostří. Předkládání čoček opakujeme po dobu 60 s. Počítáme kolikrát vyšetřovaný řekne „ted““. Jeden cyklus se skládá ze zaostření jak plusové tak minusové čočky. Výsledná hodnota tedy udává počet cyklů za minutu (cpm). Měření začínáme monokulárně s okluzí druhého oka (MAF), poté binokulárně (BAF). Nejprve vyšetřovanému test vysvětlíme a cvičně si ho zkusíme. [4]

	normální hodnoty (cpm)	kritická hranice (cpm)
MAF	11	5
BAF	8	2,5

Tab. 5 Normální a kritické hodnoty akomodační snadnosti u dospělých na vzdálenost 40 cm [12]

3.4 Metody měření akomodační odezvy

Akomodační odezva je reakce oka na stimul. Měříme, zda je akomodace menší či větší než bychom na danou vzdálenost očekávali. Akomodujeme-li za objekt, který sledujeme, jedná se o mírné zaostávání akomodace (z angl. *lag*). Akomodujeme-li před daný objekt, jde o mírné vedení akomodace (z angl. *lead*). Objektivní metodou měření jsou techniky dynamické skiaskopie, tedy skiaskopie se zapojenou akomodací. Subjektivní metodou je pak metoda zkřížených cylindrů. Testy dynamické skiaskopie však poskytují méně kolísavé výsledky než metoda zkřížených cylindrů. [4]

3.4.1 Nottova dynamická skiaskopie

Měříme s optimální korekcí do dálky za podmínek blížících se běžným čtecím podmínkám vyšetřovaného (40 cm). Nepoužíváme foropter kvůli možnosti navození proximální akomodace. K vyšetření dobře poslouží tabulka s centrálním otvorem, jelikož dovoluje vykonávat skiaskopii v blízkosti osy vidění. Velikost znaků, které vyšetřovaný sleduje, je o řádek větší než binokulární zraková ostrost do blízka. Skiaskopii provádíme nejprve na pravém oku ze vzdálenosti 50 cm (obvykle 10 cm za čtecí kartou) podél horizontálního meridiánu (pás skiaskopu je vertikální). Skiaskopujeme co nejrychleji, aby světlo skiaskopu nenarušilo binokulární vidění.

Jestliže ve vzdálenosti 50 cm nepozorujeme neutrální reflex, změníme vzdálenost skiaskopování (dál od vyšetřovaného, pozorujeme-li souhlasný pohyb, blíže je-li pohyb proti směru skiaskopu) dokud nedosáhneme neutrálního bodu. Zaznamenejme si vzdálenost skiaskopu. Zopakujeme pro levé oko. [4]

3.4.2 MEM (Metoda monokulárního odhadu)

U této metody připojíme tabulku s centrálním otvorem ke skiaskopu. Znaky, které vyšetřovaný sleduje se nachází kolem otvoru, přes který provádíme skiaskopii. Měříme s korekcí do dálky (u presbyopa s adicí). Skiaskopovat začneme na pravém oku z běžné pracovní vzdálenosti vyšetřovaného (obvykle kolem 40 cm) podél horizontálního meridiánu (pás skiaskopu je vertikální). Skiaskopii provádíme obvyklým způsobem, ale doba předložení čočky musí být minimální možná. Je to důležité pro udržení binokulárního vidění, které je narušeno světlem skiaskopu. K zajištění toho, aby se akomodace nezměnila vlivem předkládané čočky, je třeba její rychlé předložení, tzn. 0,5 s nebo méně. Zaznamenejme si hodnotu čočky, která poskytla neutrální bod. Zopakujeme na levém oku. [4]

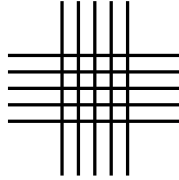
$\leq 0 \text{ D}$	$+0,50 \text{ D}$ ($+0,25$ až $+0,75$)	$\geq +1 \text{ D}$
<p>latentní hypermetropie</p> <p>pseudomyopie</p> <p>exces akomodace</p> <p>spasmus akomodace</p>	<p>normální hodnoty</p>	<p>nekorigovaná nebo nedokorigovaná presbyopie či hypermetropie</p> <p>akomodační insuficience</p> <p>akomodační nesnadnost</p>

Tab. 6 Hodnoty akomodační odezvy na 40 cm [12]

3.4.3 Metoda zkřížených cylindrů

Tato metoda je metodou subjektivní, tzn. závisí na vjemu vyšetřovaného. Test provádíme na vzdálenost 40 cm za tlumeného osvětlení. Vyšetřovaný sleduje optotyp, viz Obr. 23., s předloženým zamlžením +1 D. Vyšetřujeme monokulárně i binokulárně

předložením JZC postupně v osách 0° a 90° . Sférická hodnota je snižována. Vyšetřovaný oznámí, kdy dojde ke srovnání vjemu (ostrost vertikálních a horizontálních čar bude stejná) nebo do prvního obrácení vjemu (ostrost vertikálních čar mřížky je vystřídána ostrostit čar horizontálních). Jestliže dojde k zvýšení sférické hodnoty předkládaných čoček, jedná se o zaostávání akomodace [5, 12]



Obr. 23 Optotyp pro metodu zkřížených cylindrů

4 SOUVISLOST AKOMODACE S REFRAKČÍ

4.1 Vliv refrakce na akomodaci

Akomodační interval je u nekorigovaného myopa posunut blíže k oku. Myop bez korekce do blízka neakomoduje. Akomodační aparát má slabý, protože ho nepoužívá. Ciliární sval atrofuje. [6, 7]

U nekorigovaného hypermetropa je akomodační oblast posunuta dále od oka. Nekorigovaný hypermetrop do dálky akomoduje, akomodační aparát má proto silný. [9]

4.2 Vliv akomodace na refrakci

Ve srovnání s nekorigovaným myopem, jehož zraková ostrost do dálky nemůže být akomodací zlepšena, u nekorigovaného hypermetropa zapojení akomodace významně zrakovou ostrost zlepšuje. Rozsah, ve kterém může dojít k zlepšení zrakové ostrosti je ovšem omezen amplitudou akomodace daného jedince. Mladý člověk s hypermetropií 3 D a amplitudou akomodace 10 D nebude mít problém s nedostatkem akomodace na kompenzaci své vady a dosažení ostrého vidění. Nicméně, starší člověk se stejnou hypermetropií, ale s akomodační šíří pouze 2 D již tento problém mít bude. Vzhledem k fyziologickému poklesu své akomodační šíře už není schopen plně kompenzovat svou vadu, a tedy ostrého vidění nedosáhne. [5]

Podobně je tomu se zrakovou ostroší do blízka. Ta závisí na velikosti hypermetropie, amplitudě akomodace a požadované čtecí vzdálenosti. Uvažujme nekorigovaného hypermetropa 2 D se 3 D akomodační šíře usilujícího o čtení ve vzdálenosti 40 cm. Poněvadž 2 D své akomodační šíře spotřebuje na korekci své vady do dálky, zůstává k dispozici na zaostření na 40 cm pouze 1 D. Na tuto vzdálenost je ale zapotřebí 2,50 D akomodace, takže náš uvažovaný k ostrému vidění na vzdálenost 40 cm postrádá 1,50 D. S postupem věku a tím úbytkem akomodační šíře se fakultativní část hypermetropie mění v absolutní. V praxi platí, že hypermetrop nepociťuje astenopické potíže, nezapojuje-li dlouhodobě při pohledu do blízka víc než 2/3 své amplitudy akomodace. [2, 5]

4.3 Vliv poruch akomodace na refrakci

Refrakční vada je ovlivněna případnou poruchou akomodace. Zejména, jedná-li se o poruchu akomodace jako je spasmus akomodace nebo exces akomodace, které jsou popsány v kapitole 2.4. Již výše bylo řečeno, že tyto poruchy způsobují artificiální myopii. Jestliže u akomodačního excesu neurčíme správně diagnózu, dojde k zesílení myopické korekce a potíže se tím ještě víc zhorší. [2]

U insuficience akomodace a taktéž u obrny akomodace se při trvalých potížích využívá presbyopické korekce. [2]

3.4 Vliv korekce na akomodaci

Se správnou korekcí se akomodace u ametropů blíží situaci, jaká je u emetropů. Myop s korekcí zapojí akomodační aparát, tutíž bude zachována schopnost akomodace. Hypermetropovi zase korekce nadměrnou akomodaci uvolní a může ji použít na dívání do blízka.

Předepisujeme-li korekci myopovi, je třeba mít na paměti, že nekorigovaný myop nemá obvykle žádné potíže. Myop si myslí, že jeho vidění je normální. Takového člověka musíme upozornit, že s novou korekcí budou jeho oči vynakládat zvýšené akomodační úsilí (oproti jeho současnému stavu), což může vyvolat potíže zvláště do blízka. Byl-li jeho akomodační aparát navyknut na režim nedostatečného zapojení, bude pro tohoto člověka těžší si na korekci zvyknout. Nezbyvá ale jiná možnost než si na tuto novou korekci postupně navyknout, aby se akomodační aparát přiblížil stavu člověka bez refrakční vady. Myop tohoto dosáhne nošením plné korekce do dálky i blízka. [1]

Za žádnou cenu nesmíme dopustit překorigování myopa. Myop bez korekce vidí do blízka dobře a to bez zapojené akomodace, jelikož pro něho je tento bod vlastně jeho dalekým bodem. Na blízku vzdálenost myop konverguje, aniž by akomodoval. Překorigováním bychom způsobili, že bychom myopa donutili akomodovat do dálky bez zapojení konvergence. Takovou korekci by nesnesl. [1, 7]

Podkorigování hypermetropa způsobuje, že je stále zapojena část akomodace. [7]

K překorigování myopa a podkorigování hypermetropa může dojít při stanovení monokulární subjektivní refrakce, protože okluzor na nevyšetřovaném oku může

navodit akomodaci, která se projeví u oka vyšetřovaného. Proto je vždy nutné po stanovení monokulární refrakce do dálky provést binokulární vyvážení. [4]

Korekcí presbyopie tzv. adicí je ovlivňován zejména akomodační interval. Proto je rozumné dávat adici co nejmenší možnou, právě z důvodu zachování většího rozsahu ostrého vidění, viz Tab. 7. [4]

Věk	AA (D)	Adice (D)	Pracovní vzdálenost (cm)	Rozsah ostrého vidění (cm)
45	3,5	+0,75	40	133 – 24
		+1,25	33	80 – 21
50	2,5	+1,25	40	80 – 27
		+1,75	33	57 – 24
55	~ 1,50	+1,75	40	57 – 31
		+2,25	33	44 – 27
60+	~ 1,00	+2,00	40	50 – 33
		+2,50	33	40 – 29
		+3,00	29	33 – 25

Tab. 7 Ovlivnění akomodačního intervalu (rozsahu ostrého vidění) adicí [4]

5 PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem praktické části této práce bylo zhodnotit, jak se liší amplituda akomodace s brýlovou korekcí a s korekcí kontaktní čočkou a porovnání těchto výsledků u jednotlivých refrakčních vad či stupňů vady.

5.1 Metodika měření

Měření probíhalo v optometrické vyšetřovně katedry optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Všech 21 (+3) vyšetřovaných nejprve podepsalo informovaný souhlas s vyšetřením. Hned poté jsem přistoupila k objektivní refrakci, měřené na autorefraktometru. Dále následovala subjektivní refrakce, vyšetřovaná na projekčním optotypu s použitím zkušební obruby. Korekci jsem prováděla, abych mohla změřit polohu dalekého bodu nutného pro zjištění amplitudy akomodace (AA), resp. úkolem bylo dostat daleký bod do nekonečna a docílit tak zjednodušení vzorce pro výpočet amplitudy akomodace pouze na převrácenou hodnotu blízkého bodu, viz kapitola 2.3. S optimální korekcí do dálky ve zkušební obrubě byl pak měřen blízký bod. Použila jsem akomodační pravítko a postupovala podle postupu měření, viz kapitola 3.1.1. Dále byly vyšetřovanému aplikovány silikonhydrogeové kontaktní čočky AIR OPTIX AQUA. Aplikovala jsem pouze sférické KČ. V KČ byl cyl -0,25 zanedbán pro korekci slznou čočkou, cyl -0,50 pak zohledněn přepočtem na sférický ekvivalent (SE), kde se ke sféře připočetla -0,25 D. Stejně tak cyl -0,75 byl v SE zvolen nižší z možností hodnot a to -0,25 D. KČ byly vybrány podle brýlové korekce. Hodnota korekce nad -4,50 byla pak přepočtena podle tabulky pro přepočet vrcholové lámavosti (vzdálenost zkušební obruby od rohovky byla 12 mm). Dále byl zohledněn vízus s aplikovanou KČ. Ve dvou případech byla nutná dokorekce pro srovnání vízu obou očí.

U prvních 4 vyšetřovaných bylo použito pravítko *The Krimsky Prince Rule*, avšak dále jsem v jeho použití nepokračovala, jelikož vyšetřované osoby hodnotily RAF rule jako mnohem příjemnější než Krimského železného pravítka, ze kterého měli vyšetřovaní spíše obavy, viz Obr. 19 a 20 v kapitole 3.1.1.

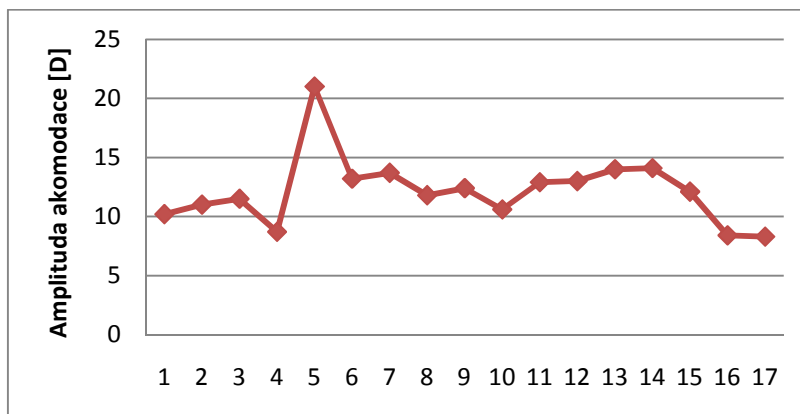
5.2 Vyšetřované osoby

Vyšetřovala jsem 21 osob. (Na měření se dostavilo celkem 24 osob, nicméně 3 osoby byly vyřazeny kvůli vysokým hodnotám astigmatismu hned po zjištění jejich dosavadní korekce v brýlích. Ve všech třech případech se jednalo o hypermetropie s hodnotami cyl v rozmezí od -1,75 do -3,25 D. Nakonec do studie bylo použito pouze **17 výsledků**, které splnily vstupní kritéria, jimiž byl věk (roč. 1980 až 1991, tzn. 19 až 30 let), přítomnost sférické vady a cyl do -1 D včetně. V měření jsem po stanovení refrakce do dálky nepokračovala u jedné osoby, kde byl zjištěn pouze astigmatismus (astigmatismus simplex – tedy bez sférické vady), dále u osoby, kde byla naměřená hodnota cylindru > -1 D. Nezařadila jsem pak ani osobu s hodnotou cylindru -1 D, protože zde ani dokorekce sférického ekvivalentu v KČ nezajistila potřebný vízus. Dále jsem amplitudu akomodace také neměřila u jedné slečny, která byla korigována torickými kontaktními čočkami.

Osoby, které prošly kritérii, byly nakonec pouze myopové. Jejich korekce se pohybovala v rozmezí od -0,25 až -6,75 D s hodnotami astigmatismu od 0 do -0,75 D.

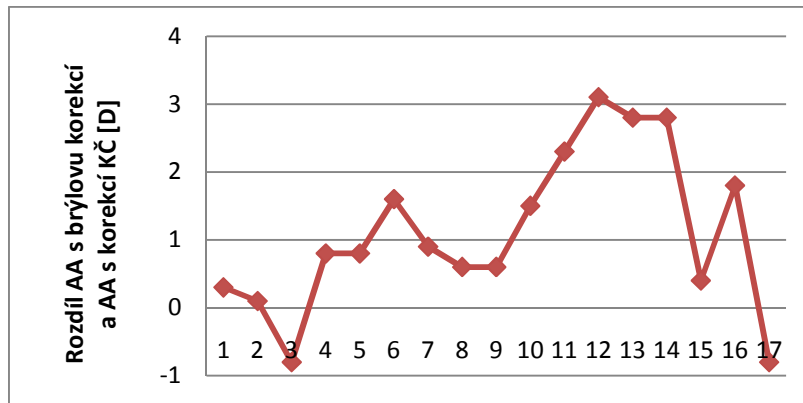
5.3 Výsledky a vyhodnocení studie

Průměrný věk osob činil **23,29** let s minimem 19, maximem 31, s mediánem 23 a směrodatnou odchylkou 3,14. Průměrná hodnota amplitudy akomodace s brýlovou korekcí byla **12,17 D** s minimem 8,3, maximem 21, s mediánem 13 a směrodatnou odchylkou 2,86. Amplituda akomodace odpovídá mírně nad střední hodnoty Duaneova grafu pro danou věkovou skupinu. Znázorňuje Graf 2.



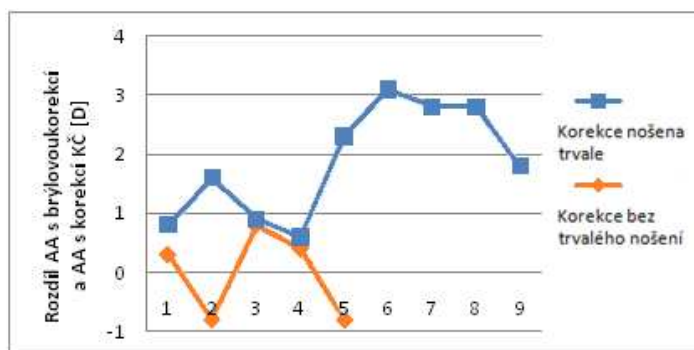
Graf 2 Amplituda akomodace (s brýlovou korekcí)

Rozdíl amplitudy akomodace s brýlovou korekcí a s korekcí kontaktními čočkami průměrně u celého souboru činil **1,11 D** s maximem 3,1, minimem -0,8, s mediánem 0,8 a směrodatnou odchylkou 1,14. Amplituda akomodace byla tedy v průměru o 1,11 D větší s brýlovou korekcí. Znázorňuje Graf 3.



Graf 3 Rozdíl AA s brýlovou korekcí a AA s korekcí KČ

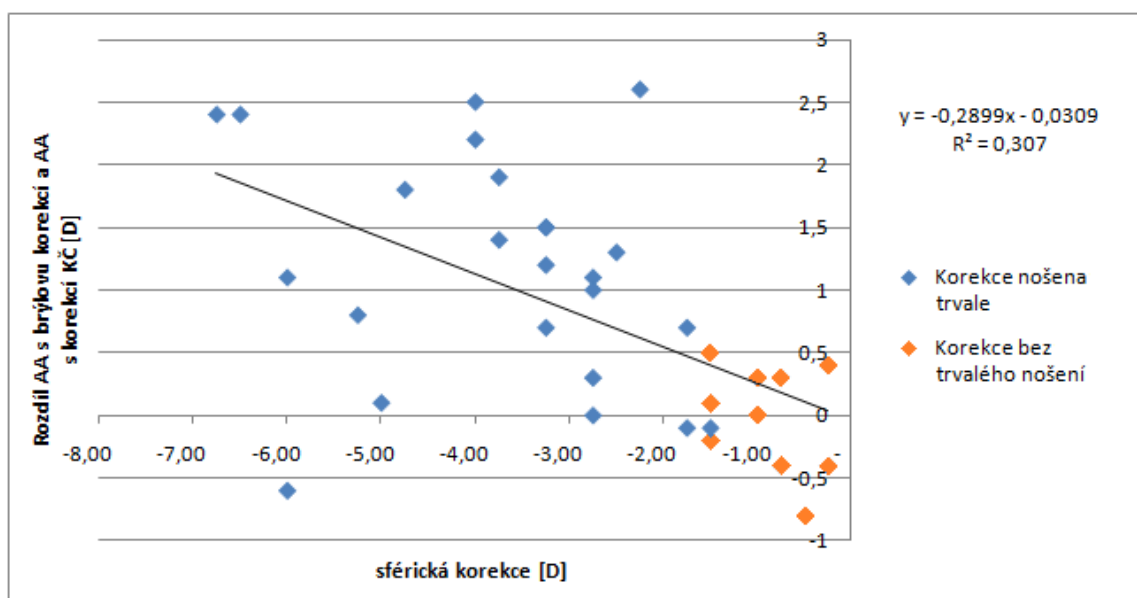
Dále jsme studovali samostatně skupinu vyšetřovaných, kteří nosí korekci stále (9 osob) a skupinu vyšetřovaných, kteří svou korekci při práci na blízko odkládají nebo ji používají pouze do dálky (5 osob). Zahrnuty byly pouze osoby, které jednoznačně uvedly, že brýle nosí stále nebo na čtení sundávají. Tři probandy jsem do této studie nezařadila pro jejich občasné čtení bez brýlí či stálé používání korekční pomůcky jen krátký časový interval. Výraznější rozdíl, porovnáme-li amplitudu akomodace s brýlemi a čočkami, byl u skupiny osob, která nosí korekci stále, tedy i na čtení. Průměrný rozdíl se zde zvýšil na **1,86 D** s maximem 3,1, minimem 0,6, s mediánem 1,8 a směrodatnou odchylkou 0,89. Zatímco u druhé skupiny průměrný rozdíl činí **-0,02 D** s maximem 0,8, minimem -0,8, s mediánem 0,3 a směrodatnou odchylkou 0,66. U této skupiny byla akomodační šíře s korekcí KČ dokonce o dvě setiny větší než při korekci brýlovou čočkou. Znázorňuje Graf 4.



Graf 4 Rozdíl AA s brýlovou korekcí a AA s korekcí KČ po rozdělení do dvou skupin

V následujícím grafu (Graf 5) jsou zaneseny hodnoty rozdílu AA s brýlovou korekcí a s korekcí KČ v závislosti na stupni sférické refrakční vady. Jedná se o monokulárně měřenou AA. Barevně jsou odděleny již výše popsané skupiny.

Ač by se podle spojnice trendu mohlo zdát, že se jedná o závislost, podle hodnoty spolehlivosti tomu tak není. Kdybychom si znázornili spojnici trendu každé skupiny zvlášť, byla by hodnota spolehlivosti 0,0026, u těch, kteří korekci nosí a 0,1067 u těch, kteří korekci trvale nenosí. Vzhledem k tomu, že jsou soubory obou skupin výrazně oddělené, nelze usoudit, zda je rozdíl amplitud akomodace způsobený závislostí na korekci nebo tím, že vyšetřovaný korekci nosí či nenosí.



Graf 5 Závislost změny amplitudy akomodace na stupni refrakční vady

Měřením v praktické části jsme si ověřili, že s korekcí KČ se stav akomodačního aparátu přiblíží více stavu emetropického oka, než s korekcí brýlemi. Což je dáno změnou vzdálenosti korekčního členu. S korekcí KČ musí myop tedy akomodovat více než s korekcí brýlemi. Dokazuje to nižší hodnota AA s korekcí KČ. Blízký bod je s korekcí KČ posunut dále od oka. Znamená to tedy, že na bod v jedné konkrétní vzdálenosti musíme s korekcí KČ vynaložit větší akomodační úsilí, než je na stejný bod vynaloženo s brýlovou korekcí.

ZÁVĚR

Tato práce nám objasnila souhrnné pojednání o akomodaci a o vzájemném vztahu akomodace a refrakce. Vysvětleny byly refrakční vady, kterým předcházela podkapitola o optickém systému oka. První kapitola se též zaměřila na vymezení pojmů, které byly podstatné pro navazující kapitoly. Kapitola 2. a 3. byla věnována akomodaci. Zmíněny byly složky akomodace, mechanismus akomodace, změny amplitudy akomodace s věkem i patologické poruchy akomodace. Čtenář byl postupně seznámen s postupy měření amplitudy akomodace, relativní akomodace, akomodační snadnosti a s postupy měření akomodační odezvy. Samostatná kapitola pak shrnula a doplnila již v předchozích kapitolách nastíněné souvislosti mezi akomodací a refrakcí. Praktická část pak uvedla výsledky měření amplitudy akomodace s korekcí brýlemi a s korekcí kontaktními čočkami.

Z výsledků v praktické části je patrné, že myopové musí s korekcí kontaktními čočkami vynakládat větší akomodační úsilí než s korekcí brýlemi. Neuvádím zde závěry pro hypermetropii, protože se výzkum nepodařil tímto směrem realizovat.

Na základě poznatků získaných výzkumem bych mohla doporučit právě myopům korekci kontaktními čočkami. Mělo by to význam pro procvičení akomodace, zejména ciliárního svalu, který myopové bez korekce v činnost nezapojují. Avšak toto posílení akomodačního svalu bych provedla již u stávajících myopů, nikoli u těch, pro které už je problém si zvyknout na svoji novou korekci resp. na její používání do blízka. Zapojením ciliárního svalu do činnosti bude u myopa nadále zachována schopnost akomodace, což ocení teprve zpětně, až když se u něho projeví presbyopie. Myop zpravidla nebude muset v presbyopickém věku potřebovat brýle do blízka. Bude mu stačit, když si sundá svoje brýle do dálky (avšak toto neplatí pro všechny stupně refrakční vady). Ovšem platí, že se ztrátou akomodace se zároveň sníží rozsah ostrého vidění (tj. akomodační interval) na minimum.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANTON, M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. 3. přepracované vydání. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] AUTRATA, R., VANČUROVÁ, J. *Nauka o zraku*. 1. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [3] ČIHÁK, R. *Anatomie 3*. Druhé upravené a doplněné vydání. Grada Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-1132-X.
- [4] ELLIOTT, D. B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*, 3rd edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 13: 9780750688963.
- [5] GROSVENOR, T. *Primary Care Optometry*. 5th edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-7575-8 ISBN 10: 0-7506-7575-6.
- [6] HROMÁDKOVÁ, L. *Šilhání*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 1995. ISBN 80-7013-207-8.
- [7] KUCHYNKA, P. a kolektiv *Oční lékařství*. Grada Publishing, a. s., 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [8] POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Oční optika, 1975. ISBN neuvedeno.
- [9] RUTRLE, M. *Brylová optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1993. ISBN 80-7013-145-4.
- [10] SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š. *Fyziologie oka a vidění*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2004. ISBN 80-247-0786-1.

Studijní materiály:

[11] JIRKOVÁ, B. *Čočka* – výukové materiály k předmětu Klinická oftalmologie, Oční klinika Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc, Olomouc, 2011.

[12] PLUHÁČEK, F. *Základní vyšetření BV a akomodace* – výukové materiály k předmětu Korekce zraku II, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2009.

Internetové zdroje:

[13] http://i.idnes.cz/07/103/nesd/JLB1ea204_sfericka_aberace_2.jpg

[14] <http://www.cocky-online.cz/ocni-vady/>

Fotodokumentace:

[15] autor: Jan Zemek, 5. 5. 2011

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Protokol použitý pro záznam měření

PROTOKOL

Datum měření

Příjmení	Jméno
Datum narození	Kontakt

Původní korekce		Vízus	
P			
L			

Korekce nošena

Nová korekce		Vízus	
P			
L			

AŠ push up/down (cm)	
P	
L	

KČ (AIR OPTIX AQUA)		Vízus	
P			
L			

AŠ push up/down (cm)	
P	
L	

Poznámky

Příloha č. 2 Tabulky s výsledky měření

číslo protokolu	věk	AA s brýlovou korekcí	AA s korekcí KČ	rozdíl ($AA_{BČ} - AA_{KČ}$)
1	21	10,2	9,9	0,3
2	20	11	10,9	0,1
3	25	11,5	12,3	-0,8
4	24	8,7	7,9	0,8
5	23	21	20,2	0,8
6	19	13,2	11,6	1,6
7	21	13,7	12,8	0,9
8	23	11,8	11,2	0,6
9	23	12,4	11,8	0,6
10	23	10,6	9,1	1,5
11	22	12,9	10,6	2,3
12	23	13	9,9	3,1
13	21	14	11,2	2,8
14	26	14,1	11,3	2,8
15	21	12,1	11,7	0,4
16	30	8,4	6,6	1,8
17	31	8,3	9,1	-0,8
průměr	23,29	12,17	11,06	1,11

Tab. 8 Binokulární hodnoty akomodace (v dioptriích) s brýlovou korekcí, korekcí KČ a rozdíl těchto hodnot - celý soubor vyšetřovaných osob

číslo protokolu	věk	AA s brýlovou korekcí	AA s korekcí KČ	rozdíl ($AA_{BČ} - AA_{KČ}$)
1	21	10,2	9,9	0,3
3	25	11,5	12,3	-0,8
4	24	8,7	7,9	0,8
15	21	12,1	11,7	0,4
17	31	8,3	9,1	-0,8
průměr	24,4	10,16	10,18	-0,02

Tab. 9 Binokulární hodnoty akomodace (v dioptriích) s brýlovou korekcí, korekcí KČ a rozdíl těchto hodnot - soubor vyšetřovaných, kteří svou korekci při práci na blízko odkládají nebo ji používají pouze do dálky

číslo protokolu	věk	AA s brýlovou korekcí	AA s korekcí KČ	rozdíl ($AA_{BČ} - AA_{KČ}$)
5	23	21	20,2	0,8
6	19	13,2	11,6	1,6
7	21	13,7	12,8	0,9
9	23	12,4	11,8	0,6
11	22	12,9	10,6	2,3
12	23	13	9,9	3,1
13	21	14	11,2	2,8
14	26	14,1	11,3	2,8
16	30	8,4	6,6	1,8
průměr	23,11	13,63	11,78	1,86

Tab. 10 Binokulární hodnoty akomodace (v dioptriích) s brýlovou korekcí, korekcí KČ a rozdíl těchto hodnot - soubor vyšetřovaných, kteří nosí korekci stále