

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

Metody stanovení presbyopické adice

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Jana Mikanová

obor N5345 R100051 OPTOMETRIE

studijní rok 2011/2012

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D., za použití literatury uvedené v závěrečném seznamu.

V Olomouci dne 25. 4. 2012

.....

Bc. Jana Mikanová

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce, RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D., za všestrannou péči a cenné rady poskytnuté při zpracování diplomové práce.

Obsah:

Úvod.....	6
1 Akomodace.....	7
1.1 Vývoj akomodace.....	7
1.2 Anatomie akomodačního aparátu.....	7
1.2.1 Řasnaté tělísko (corpus ciliare).....	8
1.2.2 Čočka (lens).....	9
1.2.3 Závěsný aparát čočky (apparatus suspensorius lentis).....	12
1.3 Fyzikální a fyziologická akomodace.....	12
1.4 Složky akomodace	12
1.5 Teorie akomodace	13
1.5.1 Helmholtzova (kapsulární) teorie.....	13
1.5.2 Finchamova teorie	14
1.5.3 Schacharova teorie	14
1.5.4 Tscherningova teorie.....	15
1.5.5 Colemanova teorie.....	15
1.6 Mechanismus akomodace	16
1.7 Číselné charakteristiky akomodace.....	17
1.8 Měření akomodace	19
1.8.1 Měření amplitudy akomodace.....	19
1.8.2 Akomodační snadnost	22
1.8.3 Akomodační odezva.....	22
1.8.4 Relativní akomodace	24
1.9 Anomálie akomodace.....	24
1.9.1 Exces akomodace	24
1.9.2 Spasmus akomodace	24

1.9.3	Paralýza akomodace	25
1.9.4	Insuficience akomodace	25
2	Presbyopie	26
2.1	Příznaky presbyopie	26
2.2	Příčina a teorie vzniku presbyopie	26
2.3	Korekce presbyopie.....	27
2.3.1	Vztah adice ke korekci refrakčních vad oka	28
2.4	Metody stanovující presbyopickou adicí	28
2.4.1	Subjektivně stanovená adice	29
2.4.2	Numerický odhad adice.....	30
2.4.3	Adice určená dle tabulky věk/adice	30
2.4.4	Metoda pevného zkříženého cylindru	31
2.4.5	Červeno-zelený (nepolarizovaný) test.....	32
2.4.6	Kontrola zrakového pohodlí s adicí	32
2.5	Možnosti korekce presbyopie	33
2.5.1	Brýlová korekce	33
2.5.2	Kontaktní čočky	35
2.5.3	Refrakční chirurgie.....	37
3	Výzkumná část	38
3.1	Testované osoby.....	38
3.2	Metodika výzkumu.....	38
3.3	Výsledky	41
3.4	Diskuze.....	42
	Závěr	44
	Použitá literatura a další zdroje	45

Úvod

Presbyopie neboli vetchozrakost je považována za nevítaného společníka středního věku. Jde o stav, při kterém oko není schopno zaostřit obraz při práci do blízka díky ztrátě schopnosti akomodace. Jedná se o fyziologický stav, jež postihuje každého jedince.

Dnešní doba klade velký důraz na dobrou a kvalitní zdravotní péči, to se promítá i v oblasti optiky a optometrie. Každý oční specialista by měl být schopen nabídnout kvalifikovaná řešení a možnosti korekce presbyopie. Existuje několik metod určující presbyopickou adici, otázkou ale zůstává, jak jsou jednotlivé metody účinné a spolehlivé, to se snaží objasnit tato studie.

Úvodní kapitola této práce je věnována akomodaci. Zde je popsána anatomie akomodačního aparátu a jeho fyziologie, teorie akomodace, veličiny charakterizující akomodaci, vyšetřovací metody akomodace a poruchy akomodačního aparátu. Další kapitola je zaměřena na presbyopii. Důraz je kladen především na vyšetřovací metody stanovující presbyopickou adici, jež jsou hlavní náplní experimentální práce.

V praktické části jsou mezi sebou porovnávány subjektivní a objektivní metody určující presbyopickou adici. Cílem práce bylo zjistit, která z metod poskytuje spolehlivější výsledky. Dále byla zkoumána amplituda akomodace, především jak se mění její hodnota v různém směru pohledu. Prováděná studie měla ověřit, zda tento faktor bude mít vliv i na hodnotu adice.

1 Akomodace

Je schopnost lidského oka vidět ostře na různé vzdálenosti, nejvíce se uplatňuje při pozorování blízkých předmětů. Tato činnost je konána především oční čočkou, dále pak řasnatým tělískem a závěsným aparátem čočky (tyto struktury budou popsány v kapitole 1.2).

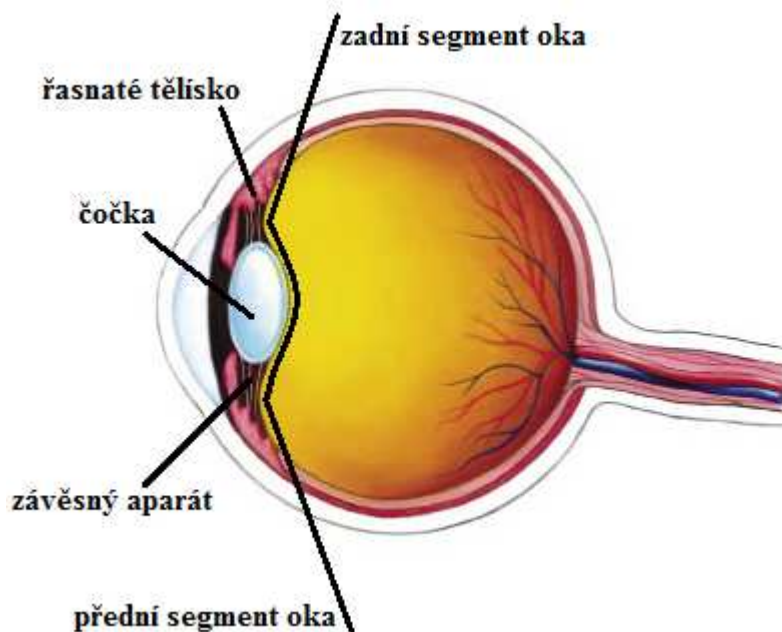
1.1 Vývoj akomodace

Akomodace není vrozená funkce oka, ale vyvíjí se po narození dítěte. Vývoj reflexu nastává přibližně ve čtvrtém měsíci života dítěte, pak se tento reflex dále stabilizuje a upevňuje do šesti let. V tomto věku by dítě mělo mít již vyvinuté všechny binokulární funkce včetně akomodace. U dětí v předškolním věku je akomodační šíře nejsilnější, pak se pozvolna zeslabuje.

Zhruba po 40. roce věku jedince dochází k zeslabení akomodace na kritickou mez, tehdy poprvé pacient pociťuje nepříznivé příznaky, jako je především rozmazané vidění do blízka. Úbytek akomodace je přirozený proces stárnutí organismu, který se v oftalmologické a optometristické praxi označuje jako presbyopie neboli vetchozrakost. Presbyopie bude podrobně popsána v kapitole 2. [1]

1.2 Anatomie akomodačního aparátu

Akomodační aparát je nezbytný pro správnou zobrazovací funkci zrakového ústrojí, umožňuje oku zaostřovat na blízké předměty. Je uložen v předním segmentu oka a skládá se z řasnatého tělíska, čočky a závěsného aparátu čočky (obr. 1).



Obr. 1 – Akomodační aparát [2, upraveno]

1.2.1 Řasnaté tělísko (corpus ciliare)

Plní v oku dvě důležité funkce, produkuje komorovou tekutinu a pomocí hladké svaloviny zajišťuje mechanickou složku akomodace. Má tvar mezikruží a na příčném řezu je trojúhelníkovitě. Řasnaté tělísko (obr. 2) začíná při kořenu duhovky a plynule přechází v cévnatku. [3]

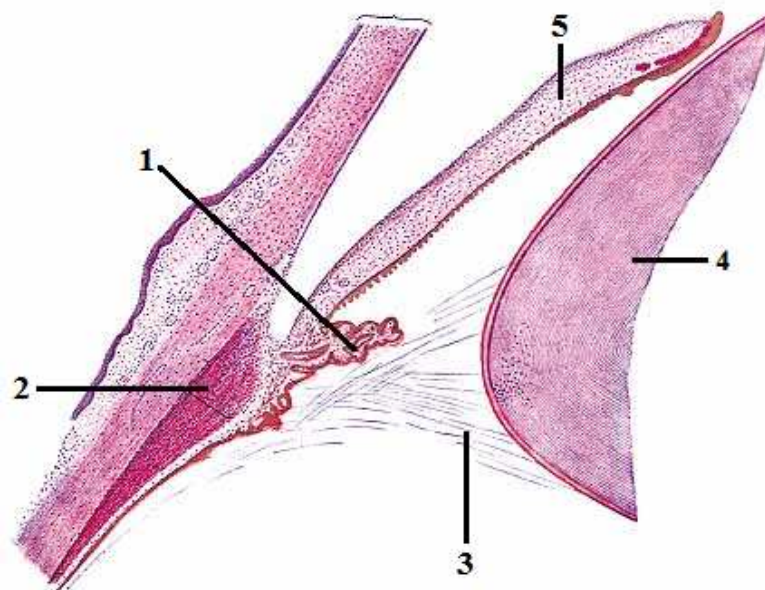
Při vnitřním okraji řasnatého tělíska vyčnívá množství delších paprscitě uspořádaných výběžků nazývaných processus ciliares. Je jich 70-80, jsou 2-3 mm dlouhé a mezi nimi vystupují vlákna závěsného aparátu čočky. Dále se mezi processus ciliares nacházejí menší a nižší řasy (plicae ciliares). Soubor všech těchto výběžků a řas je označován jako corona ciliaris. [3, 4]

V místě, kde řasnaté tělísko přechází v cévnatku, je zubatá linie (ora serrata), jež odděluje opticky aktivní část sítnice od opticky neaktivní části sítnice. Největší část řasnatého tělíska tvoří hladký sval musculus ciliaris, jehož vlákna lze rozlišit na tři hlavní typy: fibrae meridionales, fibrae circulares a fibrae radiales. [4, 5]

Vlákna fibrae meridionales tvoří Brückeův sval, který sahá od limbu rohovky podél skléry a pokračuje až do zadní části řasnatého tělíska. Při kontrakci svalu dochází k tažení řasnatého tělíska dopředu, což umožňuje relaxaci zadním vláknům závěsného aparátu čočky. Přední vlákna závěsného aparátu čočky jsou napjatá a to vede k oploštění čočky. Inervace Brückeova svalu je zajištěna sympatickými vlákny z ganglion cervicale superius. [4]

Vlákna *fibrae circulares* rozprostírající se po vnitřní straně řasnatého tělíska, jsou základem pro Müllerův sval. Plní funkci svěrače, při jehož kontrakci dochází k uvolnění předních vláken závěsného aparátu čočky, což způsobí vyklenutí čočky. Tento sval je inervován parasympatickými vlákny z okohybného nervu. *Fibrae radiales* pokračují od zevních meridionálních vláken k vláknům cirkulárním, těchto vláken je nejméně. [3, 4]

Cévní zásobenění řasnatého tělíska zajišťují především větve *arteria ophthalmica*, *arteriae ciliares posteriores longae* a *arteriae ciliares anteriores breves*. Krev je odváděna prostřednictvím *venae vorticosae*. [3]



Obr. 2 – Řasnaté tělísko [6, upraveno]

- 1 – processus ciliares, 2 – řasnaté tělísko, 3 – vlákna závěsného aparátu čočky, 4 – čočka,
5 – duhovka

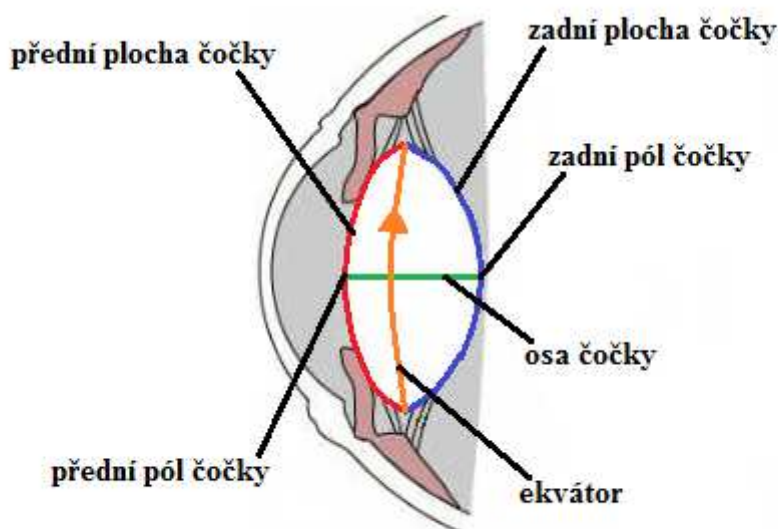
1.2.2 Čočka (lens)

V procesu vidění zastává velmi důležitou roli, dojde-li k poškození čočky, má to závažný dopad na kvalitu vidění. Její hlavní funkcí je refrakce a schopnost zaostřit (akomodovat) na blízké předměty. Je uložena v zadní oční komoře.

Zdravá čočka je čirá, bezcévná a má bikonvexní tvar o průměru 9-10 mm. Její tloušťka činí 3,7 mm, ale při akomodaci může dosahovat až 4,4 mm. Bez akomodace má přední plocha sférické zakřivení o průměru 10 mm, u zadní plochy tento parametr činí 6 mm. Optická mohutnost čočky se pohybuje v rozmezí od 15 do 20 D. Hmotnost

čočky po narození je asi 90 mg, s věkem čočka roste a v dospělosti může dosahovat až 255 mg váhy. [3, 4, 5]

Na čočce popisujeme přední a zadní plochu (facies anterior et posterior lentis). Obvod čočky je označován jako ekvátor (equator lentis), který tvoří hranici mezi přední a zadní plochou čočky. Přední pól čočky (polus anterior) je nejventrálnejší bod čočky, na protilehlé straně se nachází nejdorsálnější bod a to je zadní pól čočky (polus posterior). Oba póly spojuje pomyslná přímka, jež se označuje jako osa čočky (axis lentis) viz (obr. 3). [4]



Obr. 3 – Schéma čočky [7, upraveno]

Anatomická stavba čočky není jednotná, rozlišujeme na ní pouzdro, epitel, kortex a jádro (obr. 4).

Pouzdro čočky (capsula lentis) tvoří průhledná sklovitá blanka. Tloušťka pouzdra je dána lokalizací a věkem. U zadního pólu čočky se nachází nejtenčí vrstva pouzdra, asi 0,003 mm, zatímco přední strana čočky dosahuje tloušťky asi 0,014 mm. S věkem se tloušťka pouzdra na přední straně čočky zvětšuje, ale na zadní straně je tomu naopak. V oblasti kolem ekvátoru se do pouzdra upínají vlákna závěsného aparátu čočky. Pouzdro odděluje jádro čočky od komorové tekutiny, aby při kontaktu komorové tekutiny s jádrem čočky, nedošlo k jeho zkalení. [3, 4]

Pouzdro odděluje jádro čočky od komorové tekutiny. Při kontaktu komorové tekutiny s jádrem čočky, by mohlo dojít ke zkalení jádra. **Čočkový epitel** (epithelium lentis) je kubický epitel nacházející se pouze pod přední plochou pouzdra. Skládá se

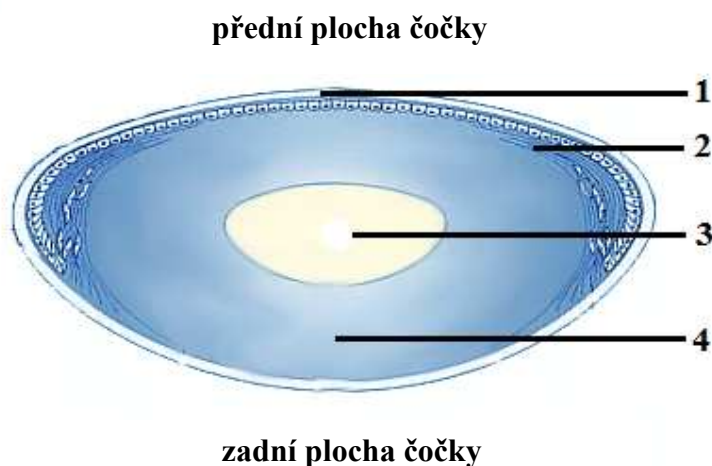
z buněk různého tvaru, které přiléhají k buňkám pouzdra a vytváří tak bazální membránu. [3, 4]

Jádro čočky (nucleus lentis) je nejtužší čočková hmota uložená v jejím středu. Hmotu tvoří čočková vlákna (vláknité buňky, lens fiber cells). Část čočkových vláken vznikne v průběhu embryonálního vývoje, takto vzniklá vlákna se označují jako primární čočková vlákna. Další část čočkových vláken se tvoří během života. Nově vzniklá vlákna se vrství na povrch starších vláken – jedná se o sekundární čočková vlákna. Časem zanikají jejich jádra a tím i mizí hranice mezi jednotlivými vrstvami. Vrstvení způsobuje, že jádro čočky neustále roste. [4]

Kůra čočky (cortex lentis) je okrajová část jádra, která vzniká vrstvením sekundárních čočkových vláken. Histologicky ji však nelze rozlišit od jádra. Obsahuje větší procento vody než jádro, a proto je i pružnější. [3, 4]

Na čočce se nacházejí dva švy, které jsou viditelné při biomikroskopickém vyšetření. Šev v oblasti předního pólu čočky připomíná svým tvarem písmeno ypsilon a v oblasti zadního pólu čočky je tento znak obrácený. [4]

Jak již bylo zmíněno, čočka je bezcévná. Přísun metabolických látek je zajištěn prostřednictvím komorové tekutiny, jež čočku obklopuje. Nejvíce metabolicky aktivní je čočkový epitel, který zprostředkovává syntézu bílkovin a provádí transport iontů, sacharidů a aminokyselin do čočky. Samotné produkty metabolismu čočky jsou odváděny do komorové tekutiny a pomocí cirkulace komorové tekutiny se dostávají pryč z oka. Čočka obsahuje asi 66% vody a 33% bílkovin. Tento poměr látek je velmi důležitý pro zachování průhlednosti čočkové hmoty. [3]



Obr. 4 – Stavba čočky [8, upraveno]

1 – pouzdro, 2 – epitel, 3 – jádro, 4 – kortex

1.2.3 Závěsný aparát čočky (apparatus suspensorius lentis)

Zajišťuje správnou polohu čočky v oku a podílí se na akomodaci. Je tvořen soustavou jemných vláken závěsného aparátu čočky (fibrae zonulares), jež jsou radiálně uspořádána. Vycházejí z řasnatého tělíska v místě corona ciliaris a zanořují se do čočkového pouzdra v oblasti kolem ekvátoru. Část vláken se přímo upíná na ekvátor, jiná před nebo za ekvátor. Mají také různý průběh a některá se i kříží. Elasticitu zajišťují především kolagenní a elastické fibrily, jež tvoří základní stavební jednotku zonulárních vláken. Tato vlastnost se však během let vytrácí a vlákna postupně křehnou. [3, 4, 9]

1.3 Fyzikální a fyziologická akomodace

Na účinnost akomodace působí dva faktory: elasticita čočky a kontrakce ciliárního svalu. **Fyzikální akomodace** popisuje aktuální fyzikální deformaci čočky, jež se měří v dioptriích, ve většině případů je její účinnost narušena v presbyopickém věku. **Fyziologická akomodace** se měří v myodioptriích a je dána kontrakční silou ciliárního svalu. Jedna myodioptrie představuje kontrakci ciliárního svalu potřebnou ke zvýšení refrakčního stavu čočky o 1 D. Tato akomodační složka může být postižena a narušena především obrnou, nekorigovanou myopií a juvenilním diabetem. [1, 10]

1.4 Složky akomodace

Proces akomodace lze popsat pomocí čtyř základních dějových složek. Označují se jako: tonická, vergenční, proximální a reflexní složka akomodace. Bez jakéhokoliv podnětu je přítomna **tonická složka**, která činí asi 1 D akomodačního procesu a navozuje jí napětí ciliárního svalu. Toto napětí lze přechodně farmakologicky odstranit pomocí cykloplegik. **Vergenční složka** je navozená konvergencí. Při konvergenci se osy očí sbíhají k pozorovanému objektu. Oko při pozorování předmětu odhaduje vzdálenost, na kterou se dívá, a snaží se pozorovaný objekt zaostřit. Tento podnět je důležitý pro vyvolání **proximální složky** akomodace. Automatické zaostření obrazu na sítnici zajišťuje **reflexní složka** akomodace, stimulem pro tuto složku je rozmazaný obraz na sítnici. [1, 11]

1.5 Teorie akomodace

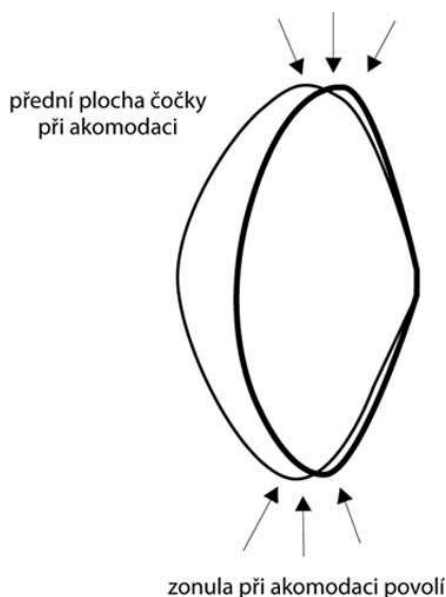
Akomodace je dynamický děj, kdy se mění parametry čočky, a tak dochází k navýšení její dioptrické hodnoty. Tento proces je předmětem několik teorií (Helmholtzovy, Finchamovy, Schacharovy, Tscherningovy a Colemanovy), přesto přesný průběh akomodace nebyl dosud do detailů odhalen. [3]

1.5.1 Helmholtzova (kapsulární) teorie

Teorii popsal Hermann von Helmholtz, který jako první objevil, že se centrální oblast čočky během akomodace rozšiřuje. Aby oko mohlo akomodovat, dochází ke kontrakci ciliárního svalu, při tomto procesu se ciliární sval zmenšuje, posouvá se dopředu a dovnitř. Tehdy se uvolní vlákna závěsného aparátu čočky a díky elasticitě čočkového pouzdra nastává vyklenutí čočky (obr. 5), což vede k navýšení dioptrií. Čočka při akomodaci mění svoji pozici a posouvá se mírně dopředu směrem od skléry.

Při opačném procesu, kdy oko neakomoduje, se ciliární sval relaxuje, smršťuje se do své původní velikosti a vrací se zpět do výchozí pozice. Napětí ve vláknech závěsného aparátu čočky se plynule navyšuje a dochází k tahu čočkového pouzdra, to způsobí oploštění čočky.

Později bylo zjištěno, že se při akomodaci vyklenuje pouze přední plocha čočky, tento poznatek vysvětlil E. F. Fincham. [3]



Obr. 5 – Princip Helmholtzovy teorie [3]

1.5.2 Finchamova teorie

Edgar F. Fincham vychází z Helmholtzovy kapsulární teorie, souhlasí s poznatkem, že při akomodaci dochází k uvolnění vláken závěsného aparátu čočky, což má za následek vyklenutí čočkového pouzdra. Navíc specifikoval, kde v oblasti čočkového pouzdra dochází k již zmíněnému vyklenutí. [3, 12]

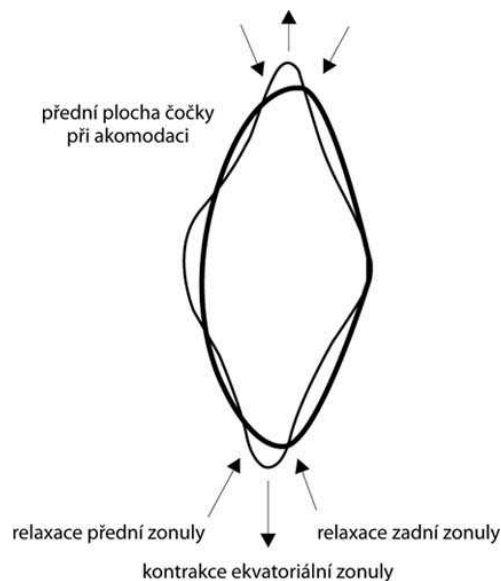
Fincham popisuje, že tloušťka čočkového pouzdra se mění v určitých oblastech. Dále zjistil souvislost mezi tloušťkou pouzdra a jeho elasticitou, čím je pouzdro tlustší tím je méně elastické. Právě tento faktor ovlivňuje mechanismus vyklenutí. Pouzdro je nejtlustší v oblasti úponu zonulárních vláček, proto zde nedochází k výrazné deformaci. Zatímco v zóně předního pólu, kde je tenčí vrstva, se pouzdro vyklenuje nejvíce. Odlišná situace je u zadní části pouzdra, zde je sice pouzdro nejtenčí, ale při akomodaci se v tomto místě již nevyklenuje, protože tato plocha je maximálně vyklenuta již před akomodací. [3]

1.5.3 Schacharova teorie

Roland Schachar přichází s dalším novým poznatkem, jeho model popisuje aktivní spolupráci mezi ciliárním svaem, závěsným aparátem čočky a posunem ekvátoru čočky ke sklěře. Jeho přístup se liší od Helmholtzovy teorie, která neuvažuje o aktivní spolupráci a kde Helmholtz předpokládá posun ekvatoriální roviny opačným směrem od skléry.

Schachar objevil, že se jednotlivá vlákna závěsného aparátu upínají do odlišných oblastí ciliárního svalu. Do nejpřednější části ciliárního svalu se upínají vlákna z ekvatoriální oblasti čočky a do jeho zadní části se zanořují vlákna z přední a zadní plochy čočky.

Při kontrakci se ciliární sval smršťuje a jeho přední část se posouvá směrem ke kořeni duhovky. To má za následek, že ekvatoriální vlákna se ještě více napnou, nastává elongace čočky neboli prodloužení jejího vertikálního průměru. Vlákna z přední a zadní plochy čočky se naopak uvolní, což vede k rozšíření centrální oblasti čočky. [3]



Obr. 6 – Princip Schacharovy teorie (činnost zonulárních vláken při akomodaci) [3]

1.5.4 Tscherningova teorie

Marius Tscherning přišel se stejnými poznatkem jako Schachar, že akomodace se děje na základě aktivní spolupráce mezi ciliárním tělesem a vlákny závěsného aparátu čočky, svoji teorii ale ještě rozvinul. [3]

Čočka se podle Tscherninga skládá z jádra, které je tuhé a nemění svůj tvar a z pouzdra, jež je naopak plastické a schopné měnit svoje parametry. Dále také uvažuje o zapojení sklivce do akomodace. Sklivec svým tlakem posouvá čočku směrem dopředu a způsobuje její vyklenutí ve středové oblasti. [12]

1.5.5 Colemanova teorie

D. J. Coleman přináší nový pohled na mechanismus akomodace. Označil čočku, vlákna závěsného aparátu čočky a přední sklivec za jeden funkční celek, kdy tato jednotka tvoří přepážku mezi přední komorou oční a sklivcovým prostorem. Kontrakce ciliárního svalu způsobí tlakový gradient mezi předním sklivcem a přední komorou, což vede ke snížení tlaku v přední komoře oční a ke zvýšení tlaku ve sklivci. Narůstající tlak ve sklivci posouvá čočku směrem dopředu a následně dochází i k jejímu vyklenutí. [12]

1.6 Mechanismus akomodace

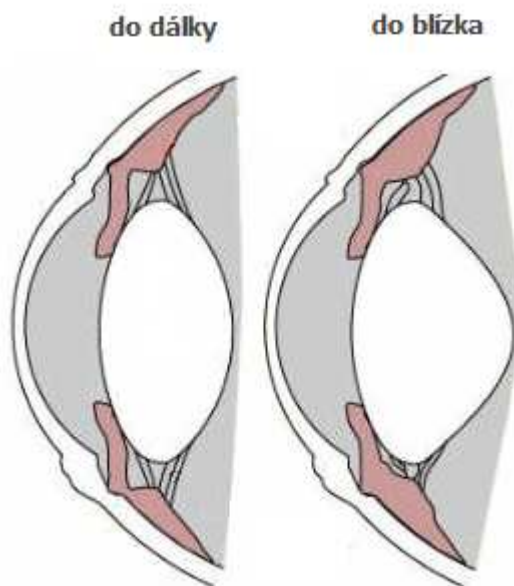
Průměrná doba, za niž oko přestří ze vzdáleného objektu na blízký, je přibližně 1 sekunda. [1]

Samotná akomodace začíná podnětem – neostrým obrazem, který se vytvoří na sítnici, podívá-li se jedinec z dálky do blízka. Neostrý obraz vyvolá podráždění na sítnici, odkud je tento signál veden do Edinger–Westphalova jádra a zde je motorický podnět veden okohybným nervem k ciliárnímu svalu. [1, 4]

Ciliární sval se skládá z meridionálních, cirkulárních a radiálních vláken. Za akomodaci jsou zodpovědná především cirkulární vlákna označovaná jako Müllerův sval. Při kontrakci tohoto svalu, který je inervován parasimpatikem, dochází k zužování prstence ciliárního svalu a k uvolnění napětí zonulárních vláken, což způsobí vyklenutí především přední čočkové plochy a posunutí čočky směrem dopředu. [4, 10]

Při akomodaci probíhají v čočce dva základní pochody: vnější – extrakapsulární a vnitřní-intrakapsulární akomodace. **Extrakapsulární akomodace** popisuje nárůst optické mohutnosti čočky způsobený změnou poloměrů křivosti přední a zadní plochy čočky. Další proces se děje přímo ve středu čočky, kde dochází ke změně uskupení vnitřních hmot jádra, což se označuje jako **intrakapsulární akomodace**. V celkovém účinku představuje extrakapsulární akomodace asi 66% nárůst optické mohutnosti, zbytek připadá na intrakapsulární akomodaci. [13]

Během akomodace se mění některé parametry tkání, jež se zapojují do tohoto procesu. Největší změny lze pozorovat na čočce. Ekvatoriální průměr čočky se z 10 mm zmenší o 0,4 mm. Přední pól čočky se posune o 0,3 mm a zadní o 0,15 mm směrem dopředu. Poloměr zakřivení přední plochy čočky se z 10 mm zmenší na 5,5 mm, u zadní plochy změna zakřivení není tak výrazná z 6 mm se dostává na 5,33 mm. Axiální tloušťka čočky se může zvýšit o 0,36 až 0,58 mm. Samotná čočka vlivem gravitace klesá o 0,3 mm. Ciliární prstenec se spolu s ciliárním svalem posouvá asi o 0,5 mm dopředu a dolů. Zadní část zonulárních vláken a cévnatka se během akomodace natahují přibližně o 0,5 mm. [1, 4]



Obr. 6 – Schéma předního segmentu oka před a po akomodaci [14]

Současně s akomodací probíhá v oku ještě konvergence a zúžení zornice. **Konvergence** nastupuje při pohledu do blízka, kdy se osy očí stáčí směrem k sobě, aby obraz pozorovaného blízkého předmětu mohl dopadnout na žlutou skvrnu. **Mióza** neboli zúžení zornic zabraňuje vstupu paprsků z periferních částí optických médií na sítnici, což zvyšuje ostrost vidění. Miózu zprostředkovává svěrač zornice, který je inervován parasymptickými vlákny z okulomotorického nervu. Stejnou cestou je zajištěna inervace ciliárního svalu a reflexu konvergence. [1, 4, 10]

1.7 Číselné charakteristiky akomodace

Pro měření a vyhodnocování parametrů akomodace je důležité znát veličiny a fyzikální vzorce, jež akomodaci charakterizují.

Daleký bod (punctum remotum, R) se zobrazí ostře na sítnici při uvolněné akomodaci. U emetropického oka a u oka s korekcí do dálky leží tento bod na optické ose v nekonečnu. Nejbližší objekt ležící na optické ose, který se zobrazí na sítnici ostře s maximální akomodací, je označován jako **blízký bod** (punctum proximum, P). [13]

Akomodační interval udává vzdálenost mezi dalekým a blízkým bodem, početně je vyjádřen takto:

$$\Delta_a = a_R - a_P, \text{ neboli } \Delta_a = \frac{1}{A_R} - \frac{1}{A_P}$$

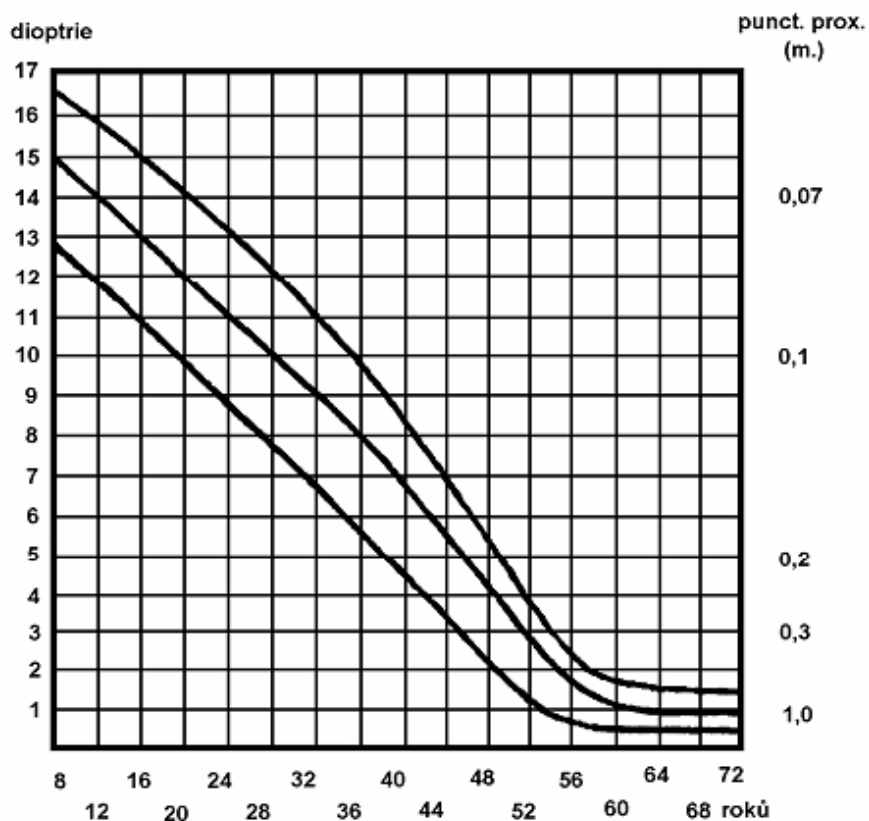
Kde a_R/a_P je vzdálenost dalekého/blízkého bodu od hlavní obrazové roviny oka a A_R/A_P je převrácená hodnota vzdálenosti dalekého/blízkého bodu. Tento interval udává, kde oko vidí ostře. [3, 13]

Akomodační šíře neboli **amplituda akomodace** vyjadřuje, o kolik je čočka schopna zvýšit svoji optickou mohutnost, měří se v dioptriích a lze ji spočítat pomocí tohoto vzorce:

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

Vzorec vyjadřuje rozdílvergence vzdálenosti dalekého a blízkého bodu. [3]

Amplituda akomodace se během života mění, nejsilnější je u dětí v předškolním věku, asi 15 dioptrií, pak pozvolna klesá a po 60. roce zůstává zbytková akomodace mezi 0,5-1,5 dioptrií. Tento vztah úbytku amplitudy akomodace v závislosti na věku je graficky zpracován v Duaneově grafu (obr. 7). Graf znázorňuje tři křivky, jež vyjadřují maximální, průměrnou a minimální hodnotu akomodace. [13, 15]



Obr. 7 – Duanův graf [16]

1.8 Měření akomodace

K vyšetřování akomodace se přistupuje tehdy, uvádí-li pacient akomodační problémy, které se mohou projevit jako únava očí či rozmazané vidění při pohledu do blízka, nebo nemožnost zaostřit do dálky po práci do blízka. Měření akomodace by se mělo provádět v (pseudo)emetropickém stavu. To znamená, že před vyšetřením akomodace se kontroluje vízus a binokulární funkce do dálky, pokud má pacient refrakční vadu, vada se koriguje a následně se provádí vyšetření akomodace. [13]

Problémy s akomodací můžou postihnout pacienty všech věkových skupin, i když nejčastější problém – pokles amplitudy akomodace se objevuje po 40. roce věku jedince. Mezi další měřitelné parametry akomodace patří akomodační snadnost, akomodační odezva a relativní akomodace. [11]

1.8.1 Měření amplitudy akomodace

Tento parametr se měří monokulárně i binokulárně. Monokulární měření však vykazuje hodnoty až o 0,5 D nižší. Dbáme na směr vyšetřování, jenž může zkreslovat naměřené výsledky. V literatuře se uvádí, že amplituda akomodace je největší při pohledu dolů a naopak při pohledu nahoru je nejmenší. Tento rozdíl může dosahovat, až 3,5 D. Měříme ji pomocí dvou metod: metoda push-up/push-down a metoda rozptylky. [1]

Metoda push-up/push-down je velmi jednoduchá a rychlá technika určující amplitudu akomodace, jež je založena na měření blízkého bodu. V kapitole 1.7 byl popsán matematický vzorec určující amplitudu akomodace, ze kterého vyplývá, že amplituda akomodace se rovná rozdílu vergence vzdálenosti dalekého a blízkého bodu. Metoda push-up/push-down předpokládá, že pacient je emetrop, nebo že má plně korigovanou refrakční vadu do dálky, pak se určení amplitudy akomodace podstatně zjednoduší. Protože daleký bod emetropa nebo pacienta s plně korigovanou vadou do dálky leží v nekonečnu, jeho převrácená hodnota se rovná nule, a tudíž se v takovém případě amplituda akomodace rovná převrácené hodnotě vzdálenosti blízkého bodu. Příklad: pacient (emetrop) vidí blízký bod ve vzdálenosti 10 cm (0.1 m) před okem, výsledná amplituda akomodace se vypočítá $1/0.10$, což se rovná 10 D. [13, 17]

Pacient při testu push-up/push-down sleduje čtecí tabulku nebo jezdec akomodačního pravítka. Nejprve se pozorovaný objekt posouvá k oku do té doby, než nastane první rozmazání (push-up amplituda). Poté se objekt posouvá směrem od oka,

dokud pacient nevidí objekt ostře (push-down amplituda). Výsledná vzdálenost blízkého bodu se rovná aritmetickému průměru těchto dvou hodnot. Díky aritmetickému průměru obou hodnot odstraníme mírné nadhodnocení u metody push-up a mírné podhodnocení u metody push-down. [17]

K měření blízkého bodu lze použít několik různých pomůcek: např. čtecí tabulky a pravítko nebo akomodační pravítka. Na akomodačních pravítkách bývá uvedena délková stupnice v cm, dále pak amplituda akomodace v dioptriích a stupnice věkové kategorie, jež slouží spíše k orientačním a porovnávacím údajům. Akomodační pravítka jsou opatřena textovou kartou (obr. 8) nebo posuvným jezdcem s optotypem.



Obr. 8 – Akomodační pravítko-Krimsky Prince rule

Před měřením pacientovi vysvětlíme, jak bude test probíhat a co budeme měřit. Měření se provádí s optimální korekcí do dálky nebo s korekcí, již používá pacient, v tomto případě však budou naměřené hodnoty sloužit spíše jako screeningové. U presbyopů se vyšetřuje s plnou nebo částečnou adicí, aby vyšetřovaný mohl vidět požadovaný text do blízka. U dětí či mladých lidí, leží blízký bod ve velmi malé vzdálenosti před okem, pro lepší měření se předsazuje záporná adice (-3 D), tím se blízký bod posune dál od oka. Při vyhodnocování výsledků se musí kladná/záporná adice odečíst/přičíst k naměřeným parametrům, abychom dostali správnou hodnotu

amplitudy akomodace. Důležité je také zajištění dostatečného osvětlení, aby vyšetřovaný viděl test bez stínů. Test se obvykle provádí nejprve monokulárně následně pak binokulárně. Vyšetřovaný sleduje ze vzdálenosti 40 cm nejmenší řádek čtecí tabulky, jenž vidí ještě ostře, optimálně by to měl být řádek o vízu 1. Tabulka je přibližována k pacientovi, dokud nenastane první rozmazání. Poté vyzveme pacienta, aby se pokusil rozmazaný text zaostřit. Pokud pacient text zaostří, tabulku posouváme dále až do té doby, než se opět text rozmaže a pacient už nebude schopen jej zaostřit. V této chvíli se změří vzdálenost tabulky od roviny brýlí. Poté se tabulka posouvá od oka a vzdálenost se měří tehdy, až nastane první zaostření textu. [17]

Následně z obou hodnot vypočteme dílčí amplitudy akomodace. Za výslednou hodnotu můžeme považovat jejich aritmetický průměr. Hodnota se ještě upraví, pokud byla použita adice.

Příklad: naměřený aritmetický průměr amplitudy činí 5,5 D a pacient byl vyšetřován s adicí 1,5 D, výsledná amplituda akomodace se rovná 4 D. Pokud naměřené hodnoty amplitudy akomodace neodpovídají hodnotám uvedeným v tabulce (určující průměrnou hodnotu amplitudy akomodace a odpovídajícího věku), měli bychom měření opakovat, abychom eliminovali možnou chybu měření. U mladých lidí je ale tolerována větší odchylka naměřených hodnot (zhruba do 1,5 D). [17]

Metoda rozptylky je alternativní metoda určující amplitudu akomodace pomocí rozptylných sférických čoček. Pro tuto techniku měření je rychlejší a pohodlnější použít foropter.

Vyšetřovaný sleduje čtecí tabulku (řádek o vízu 1 nebo nejlepší, který přečte) s korekcí do dálky, pokud je pacient presbyop tak i s adicí. Text je sledován z konstantní vzdálenosti 40 cm. Do zkušební obruby jsou postupně přidávány rozptylné čočky tak dlouho, až dojde k prvnímu rozmazání textu. Poté měření ukončíme a hodnotu předřazené rozptylky si zapíšeme. Hodnota amplitudy akomodace se nerovná hodnotě předřazené rozptylky. K této hodnotě je ještě třeba přičíst 2,5 D, což odpovídá zapojené akomodaci na 40 cm. Proto vzorec určující amplitudu akomodace vypadá takto: $\text{amplituda akomodace} = 2,5 - (\text{hodnota předřazené rozptylky})$. Tato metoda ve srovnání s metodou push-up vykazuje nižší hodnoty amplitudy akomodace, viz tabulka 1. [12]

Tab. 1 – Monokulární hodnoty amplitudy akomodace v závislosti na věku [12]

Věk	Amplituda akomodace [D]		
	Push up	Push down	Rozptylka
15	12.00	10.50	11.00
20	11.00	9.50	9.00
25	9.50	8.00	7.50
30	8.50	6.50	6.50
35	7.00	5.75	5.00
40	6.00	4.50	3.75
45	3.75	2.50	–
50	2.00	1.50	–
55	1.50	1.00	–
60	1.25	0.75	–

1.8.2 Akomodační snadnost

Akomodační snadnost je schopnost lidského oka dostatečně, pružně, rychle a přesně reagovat na změny akomodačního požadavku. Problémy s akomodační snadností se mohou vyskytnout i v případě, že u pacienta jsou naměřeny normální hodnoty amplitudy akomodace. Vyšetřuje se s korekcí do dálky a vyšetřovaný sleduje čtecí tabulku z konstantní vzdálenosti (40 cm), protože akomodace je u tohoto měření stimulována pomocí předřazených čoček. Měření se provádí monokulárně i binokulárně, pomocí čtecí tabulky a ± 2 D flipru. [17, 18]

Vyšetřovanému nejprve vysvětlíme postup měření a provedeme zkušební test. Pacient pozoruje čtecí tabulku (řádek s vizelem o stupeň větším, než je binokulární zraková ostrost do blízka) a předkládáme flipr. Nejprve předložíme -2 D, pacientovi se text rozmáže, snaží se ho zaostřit, až dosáhne ostrého obrazu, nahlásí to vyšetřujícímu. Po tomto signálu vyšetřující hned změní hodnotu na +2 D a vše se opakuje. Měří se počet cyklů zaostření za 60 s, jeden cyklus zahrnuje zaostření s -2 D a +2 D. Normální hodnoty binokulární akomodační snadnosti činí 8 cyklů za minutu, monokulární hodnoty dosahují 11 cyklů za minutu. [17]

1.8.3 Akomodační odezva

Akomodační odezva je reakce čočky na pozorovaný blízký objekt. Pomocí této vlastnosti lze určit, zda je akomodace v daném okamžiku větší či menší, než je aktuální požadavek. Nadhodnocená nebo podhodnocená akomodace je přítomna tehdy, je-li

pacientova akomodace nepatrně větší či menší, než je předpoklad. Akomodační odezvu můžeme vyšetřovat objektivně (metodou monokulárního odhadu – MEM) nebo subjektivně (metodou zkřížených cylindrů). [17]

Metoda monokulárního odhadu (MEM) je založena na principu dynamické skiaskopie, při které se zapojuje akomodace. Skiaskopie u této metody se liší od refrakční skiaskopie tím, že do oka svítíme v co nejkratším čase a i předkládání kompenzačních čoček je co nejkratší (0,5 s a méně). Toto opatření je důležité proto, abychom delší skiaskopií neměnili hodnotu aktuální akomodace a tím pádem nedošlo k narušení binokulárního vidění. Cílem této skiaskopické metody je dosáhnout nulového bodu (červený reflex v zornici pouze přeblikne). [17, 18]

Vyšetřování probíhá s korekcí do dálky a u presbyopů i s adicí. Vyšetřovaný sleduje optotyp, jenž se nachází v rovině skiaskopu, ve vzdálenosti 40 cm. Nejprve vyšetřujeme oko pravé, pak levé. Posvítíme skiaskopem do oka a vyvoláme červený reflex, poté předkládáme kompenzační čočku, abychom dosáhli nulového bodu.

Normální hodnota předřazené kompenzační čočky je +0,5 D s tolerancí od +0,25 D až do +0,75 D. Hodnoty rovné +1 D nebo větší mohou svědčit o nekorigované či nedokorigované hypermetropii nebo presbyopii, akomodační insuficienci a akomodační nesnadnosti. Pokud se výsledky rovnají 0 D nebo jsou ještě nižší, lze předpokládat latentní hypermetropii, pseudomyopii, spasmus nebo excés akomodace. [18]

Metoda zkřížených cylindrů je subjektivní metoda, proto výsledky mohou více kolísat než u metody monokulárního odhadu. Vyšetřuje se monokulárně, ale může se provádět i binokulární měření. Pomůcky pro tuto metodu jsou Jacksonův zkřížený cylindr a speciální křížový optotyp do blízka.

Vyšetřované oko se zamlží předřazením +1 D a pacient sleduje křížový optotyp na 40 cm. Předkládáme před oko Jacksonův zkřížený cylindr $\pm 0,25$ D v osách 0° a 90° . Pacient vidí na křížovém testu jeden směr (horizontální nebo vertikální) výrazněji/sytěji. Postupně snižujeme zamlžení až do té doby, než nastane vyrovnání vjemu, což znamená, že vyšetřovaný vnímá vertikální i horizontální směr stejně sytě, nebo do prvního obrácení vjemu (například: vjem sytějších horizontálních čar se změní na vjem sytějších vertikálních čar). [18]

1.8.4 **Relativní akomodace**

Udává, o kolik můžeme zvýšit či snížit akomodaci na danou vzdálenost (40 cm), aniž by došlo k rozmazání sledovaného objektu. Rozlišujeme negativní relativní akomodaci (akomodaci uvolňujeme) a pozitivní relativní akomodaci (akomodaci navozujeme). Akomodace je uvolňována předkládáním spojných čoček a naopak pomocí rozptylných čoček se akomodace navozuje.

Měření se provádí binokulárně a vyšetřovaný pozoruje řádek o vízu 1. Postupným zvyšováním dioptrických hodnot předřazovaných čoček dojde k rozmazání pozorovaného řádku. Pro pozitivní relativní akomodaci jsou normální hodnoty od -1,7 D až do -3,0 D a u negativní relativní akomodace je tomu od +1,75 až do +2,25 D. [18]

1.9 **Anomálie akomodace**

Patologický stav akomodace se zpravidla vyskytuje zcela náhle a často bývá provázen změnou velikosti zornic nebo poruchou konvergence. Mezi anomálie akomodace řadíme excés, spasmus, paralýzu a insuficienci. [1, 10]

1.9.1 **Excés akomodace**

Excésivní neboli nadměrná akomodace se může vyskytnout při dlouhodobém pohledu do blízka, často ve spojení s nedostatečným osvětlením, nebo při používání nesprávné korekční pomůcky. Jedinec nejčastěji pociťuje astenopické potíže, dále může vnímat zhoršené vidění do dálky i do blízka. Diagnóza se určí v cykloplegii z rozdílu mezi dynamickou a statickou refrakcí. Excés akomodace odstraníme především správnou korekcí refrakční vady a poučením pacienta o vhodných pracovních podmínkách do blízka. [1]

1.9.2 **Spasmus akomodace**

Jedná se o křeč ciliárního svalu, jež může být způsobena intoxikací, lokální infekcí, iridocyklitidou, léky nebo nesprávnou korekcí refrakční vady (nekorigovanou a podkorigovanou hypermetropií či presbyopií). Spasmus se projeví jako vysoká pseudomyopie (až -10 D), což s sebou přináší i zkreslené vnímání předmětů v prostoru.

Ty se zdají být větší, než odpovídá skutečnosti. Léčba spočívá v aplikaci atropinové cykloplegie a předepsání správné korekce refrakční vady. [1]

1.9.3 **Paralýza akomodace**

Obrnu akomodace můžou způsobit některé choroby (chřipka, záškrt, diabetes), přímý úraz oka, vaskulární léze, traumata centrální nervové soustavy, nebo ji můžeme vyvolat záměrně při vyšetřování zrakových funkcí po aplikaci cykloplegik. Obrna vede ke zhoršenému vidění do blízka, mydriáze a mikropsii. Mikropsie je stav, kdy se pozorované předměty zdají být menší a blíže, než ve skutečnosti jsou. K odstranění paralýzy je důležitá především léčba základních chorob, při trvalých potížích lze předepsat presbyopickou korekci. [1, 10]

1.9.4 **Insuficience akomodace**

Insuficience (oslabená) akomodace je snížení amplitudy akomodace, která neodpovídá věku, někdy se označuje jako předčasná presbyopie. Většinou je způsobena nedostatečnou činností ciliárního svalu nebo patologickými změnami na čočce. Projeví se zhoršeným viděním do blízka či nadměrnou konvergencí, jež vzniká jako důsledek oslabeného akomodačního úsilí. Při tomto stavu je důležitá především správná korekce refrakční vady, dále pak předepsání presbyopické korekce. Někdy se insuficience vyskytne z důvodu nedostatečné konvergence, tento stav se pak řeší pomocí prizmat bází nazálně. [1, 10]

2 Presbyopie

Presbyopie je častá porucha vidění do blízka, jež se objevuje po 40. roce věku jedince. Tento stav však není patologická odchylka, ale jedná se o fyziologický pokles amplitudy akomodace. Ta, jak již bylo řečeno, se během života mění, její pokles až na hodnotu kolem +4 D s sebou přináší typické projevy, jež jsou popsány v následující podkapitole. [10, 15]

2.1 Příznaky presbyopie

Ostré vidění na blízkou pracovní vzdálenost se s nastupující presbyopií stává obtížnější, poloha blízkého bodu se posouvá od oka a to vede i ke zvětšování pracovní vzdálenosti. Dále dochází k poklesu vízu, jenž je více znatelný při nedokonalém osvětlení. Zaostření blízké pracovní vzdálenosti se daří jen s maximálním akomodačním úsilím, což může vyvolat spasmus akomodace nebo pseudomyopii. Zvýšené akomodační úsilí má také dopad na celkovou únavu jedince a způsobuje i astenopické potíže (únava očí, bolesti očí a hlavy, podrážděný vzhled očí, pálení očí). V některých případech má presbyop potíže zaostřit do dálky po delší práci do blízka. Pro presbyopické potíže je typické jejich zhoršování v průběhu dne. [1, 10]

2.2 Příčina a teorie vzniku presbyopie

Na vzniku presbyopie se podílí řada biochemických, biomechanických a fyziologických faktorů. Stárnutí čočky vede k poklesu elasticity čočkového pouzdra a čočkové substance. Tato sklerotizace čočky je dána úbytkem vody, čočka se proto stává tvrdší a zbarvuje se dožluta. Ke snížení účinnosti čočkového pouzdra přispívá i neustálý růst čočky. Presbyopické změny na čočce způsobují snížení akomodační schopnosti až o 55 %.

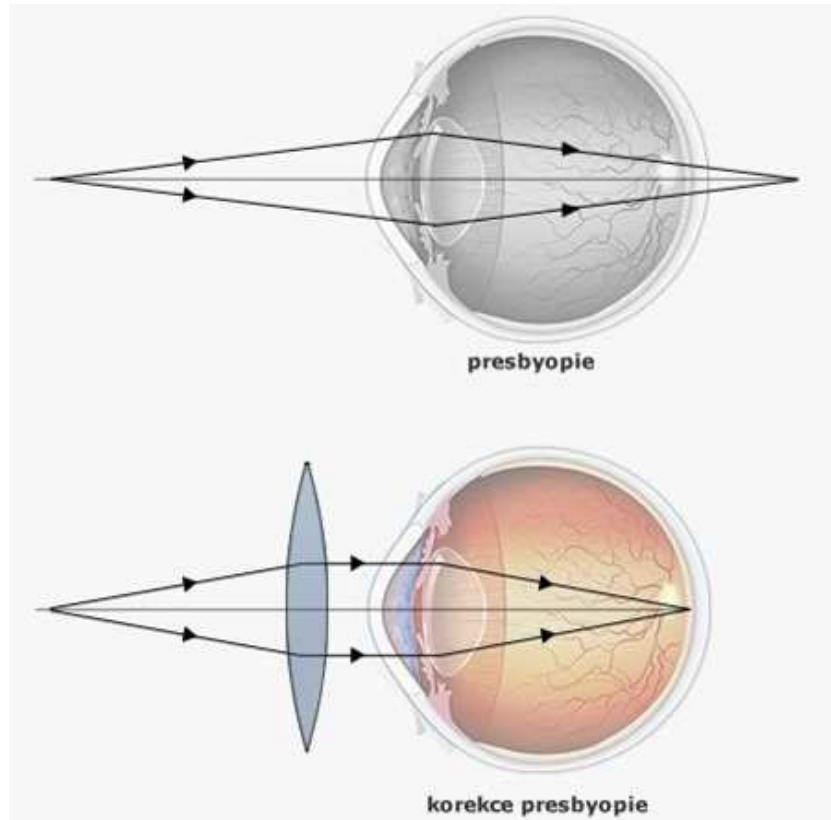
Věkem dochází ke snižování účinnosti a počtu zonulárních vláken. Změny pozorujeme i na ciliárním svalu, omezuje se jeho pohyb dopředu a dovnitř. Proti tomuto pohybu působí navíc i tah cévnatky, jež po 35. roce ztrácí svoji elasticitu. Schopnost kontrakce ciliárního svalu však zůstává dostatečná i do vysokého věku. [1]

Vznik presbyopie nám objasňují i některé teorie. Helmholtzova teorie udává jako příčinu ztrátu elasticity čočkového pouzdra a jádra, a tedy neschopnost dostat se při akomodaci do kulovitého tvaru. Schachar tvrdí, že presbyopii způsobuje neustálý růst čočky, čočka se přibližuje k ciliárnímu tělísku a tím se snižuje i efekt kontrakce ciliárních vláken. [3]

2.3 Korekce presbyopie

Presbyopie je stav, který se nedá zastavit ani léčit, lze jen korigovat nepříznivé dopady na vidění pomocí kladného přídavku do blízka (adice). Adice je rozdíl mezi korekcí do dálky a do blízka. Hodnota přídavku do blízka je ve většině případů pro obě oči stejná, avšak v některých případech (anizometropie) může dosahovat odlišných hodnot. [13]

Proto, aby korekce do blízka nezpůsobovala nežádoucí účinky, je důležité zachovávat jednu třetinu akomodační šíře jako akomodační rezervu. Toto opatření zamezuje výskytu některých problémů, jako jsou například astenopické potíže. [10]



Obr. 9 – Presbyopické oko bez a s adicí [19]

2.3.1 Vztah adice ke korekci refrakčních vad oka

U emetropů se adice rovná korekci do blízka, odlišná situace je však u ametropů, kde se v korekci do blízka sčítá adice s korekcí refrakční vady (s tzv. korekcí do dálky). Tento vztah vyjadřuje vzorec:

$$S'_{BB} = S'_{BD} + ADD$$

S'_{BB} je vrcholová lámavost korekční čočky do blízka, S'_{BD} vyjadřuje dioptrickou hodnotu korekční čočky refrakční vady do dálky a ADD je dioptrická hodnota adice (přídavku do blízka; tato hodnota je vždy kladná).

U **myopie** se refrakční vada koriguje brýlovými skly, jejichž vrcholová lámavost má vždy zápornou dioptrickou hodnotu, proto mohou při korekci presbyopie u myopa nastat tyto tři situace:

- je-li absolutní hodnota vrcholové lámavosti korekčního skla do dálky větší než přídavek do blízka, pak výsledná hodnota korekce do blízka se sníží, ale nadále bude mít zápornou hodnotu,
- nastane-li situace, že hodnota vrcholové lámavosti korekčního skla do dálky je rovna hodnotě přídavku do blízka, pak korekce do blízka bude mít nulovou dioptrickou hodnotu,
- pokud je vrcholová lámavost korekčního skla do dálky nižší než přídavek do blízka, pak bude korekce do blízka dosahovat kladných dioptrických hodnot. [13]

Refrakční vada **hypermetropie** se koriguje brýlovými skly s kladnou vrcholovou lámavostí, proto pokud sečteme tuto hodnotu s adicí, výsledná korekce do blízka bude vždy nabývat kladných vyšších hodnot. [13]

2.4 **Metody stanovující presbyopickou adici**

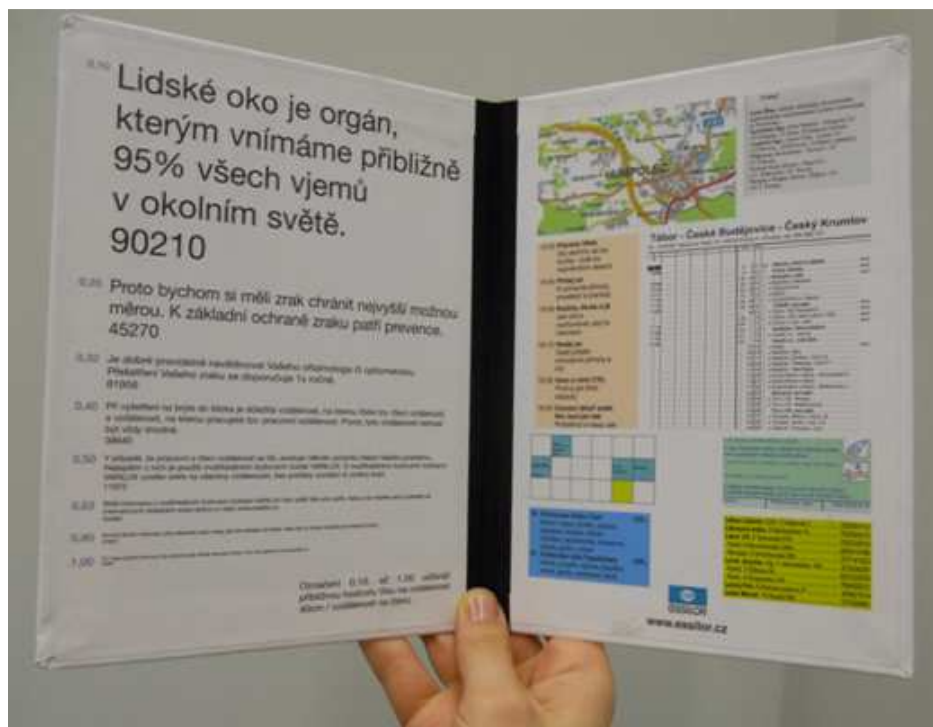
Před měřením přídavku do blízka je vždy nutné provést měření a korekci refrakční vady do dálky. I malá nekorigovaná refrakční vada zkresluje hodnotu přídavku do blízka. Důležité je také zjistit, jaké má pacient nároky na vidění do blízka, především nás zajímá, na jakou pracovní vzdálenost se dívá a jaké má podmínky týkající se osvětlení pracoviště.

Existuje řada metod stanovujících presbyopickou adici, některé z nich se vzájemně doplňují a lze je při měření uplatnit současně. Mezi metody stanovující presbyopickou adici patří: subjektivně stanovená adice, numerický odhad adice, adice určená dle tabulky – adice/věk, metoda pevného zkříženého cylindru. Další testy, jako je např. červeno-zelený test, slouží ke zkontrolování dosaženého výsledku měření.

2.4.1 Subjektivně stanovená adice

Vyšetřování se provádí pomocí spojných čoček a čtecí tabulky. Čtecí tabulky neboli Jägerovy tabulky obsahují tištěné odstavce textu o různé velikosti písma, kde každý odstavec odpovídá danému vízu. Pacient se zrakovou ostroší do dálky 5/5, jenž není v presbyopickém věku, by měl číst text s vížem 1 (obr. 10). [20]

Před vlastním měřením je důležité určit pracovní vzdálenost, do které umístíme čtecí tabulky. Vyšetřovaný pozoruje optotyp do blízka s korekcí do dálky a vyšetřující mu binokulárně předkládá spojné čočky. Vyšetřující postupně zvyšuje hodnotu adice (po čtvrt dioptrii) do té doby, až se ostrost vidění ustálí. Poté se provede kontrola správné hodnoty adice. Jestliže přiložíme -0,25 D a dojde ke zhoršení vidění, je vše pořádku, pokud se ale vidění nezhorší nebo je stejné, pak je adice pravděpodobně příliš silná. [18]



Obr. 10 – Čtecí tabulky

2.4.2 Numerický odhad adice

Přídavek do blízka lze stanovit pomocí matematického vzorce, tento přístup je však objektivní a slouží spíše k orientačnímu matematickému výpočtu. V praxi jej optometrista či oftalmolog běžně nevyužívá.

Vzorce stanovující přídavek do blízka:

$$ADD = -HPB - \frac{2}{3}A_{\text{šB}}$$

$HPB = \frac{1}{hpb}$, kde hpb je vzdálenost hlavního pracovního bodu od oka v metrech, která má podle obvyklé znaménkové konvence zápornou hodnotu. $A_{\text{šB}}$ je amplituda akomodace měřená s korekcí do dálky. Hlavní pracovní bod je bod nacházející se před okem, ve kterém se požaduje ostré vidění na konkrétní pracovní vzdálenost (většinou 30 až 50 cm). Tato vzdálenost je však u každého pacienta individuální, záleží na daných pracovních potřebách. Pro zajištění $\frac{1}{3}$ akomodační rezervy se v tomto vzorci počítá s $\frac{2}{3}$ akomodační šíře. [13]

2.4.3 Adice určená dle tabulky věk/adice

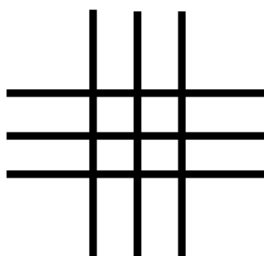
Věk pacienta je při předpisu přídavku do blízka důležitou informací. Tabulka určující příslušnou adici odpovídající věku je v praxi optometristy či lékaře značně používaná pomůcka. Takto stanovená adice dává však často spíše první orientační hodnotu, jež se musí subjektivně odzkoušet a popřípadě ještě upravit. Důležitým parametrem u této metody je také pracovní vzdálenost. Pro názornost jsou v tabulce adice/věk uvedeny dvě pracovní vzdálenosti s odpovídající adicí.

Tab. 2 – Hodnoty adice/věk a pracovní vzdálenost [12]

věk	pracovní vzdálenost [cm]	adice [D]
40	30	0,00
	40	0,00
45	30	+1,25
	40	+0,50
50	30	+2,00
	40	+1,00
55	30	+2,25
	40	+1,50
60	30	+2,75
	40	+1,75
70	30	+3,00
	40	+2,50

2.4.4 Metoda pevného zkříženého cylindru

Tato metoda stanoví hodnotu adice pomocí Jacksonova zkříženého cylindru a křížového testu do blízka (obr. 11). Pacient pozoruje křížový test ve vzdálenosti 40 cm, následně je mu předkládán binokulárně cylindr $\pm 0,5$ D tak, aby minusová hodnota cylindru byla vždy v ose 90° . Presbyopický pacient díky cylindru vidí horizontální linie křížového testu ostřejší a černější než vertikální. Postupným předkládáním plusových dioptrických hodnot po $+0,25$ D by mělo dojít ke srovnání vjemu, což znamená, že vyšetřovaný vidí horizontální i vertikální linie stejně ostře a sytě. Adice je první dioptrická hodnota předřazovaných čoček, při které došlo k vyrovnání vjemu. Takto stanovenou adici ověříme při čtení textu a popřípadě ji ještě upravíme dle požadované pracovní vzdálenosti. [21]

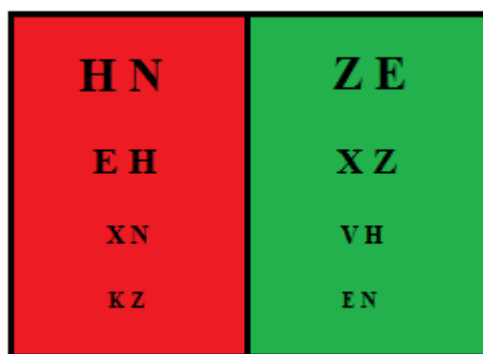


Obr. 11 – Křížový test do blízka

2.4.5 Červeno-zelený (nepolarizovaný) test

Červeno-zelený test slouží k ověření správné hodnoty stanovené adice. Pomocí tohoto testu lze určit, zda je daná hodnota adice příliš silná, správná, nebo slabá. Tento test je založen na principu barevné vady oka. Bílé světlo je složeno z několika vlnových délek, a proto se při průchodu optickým prostředím každá vlnová délka láme jinak a má jiné ohnisko obrazu. Červené světlo se láme méně a dopadá za sítnici, zelené světlo se láme více a dopadá tedy před sítnici. Má-li určená adice správnou hodnotu, pak leží ohniska pro červenou a zelenou barvu ve stejné vzdálenosti od sítnice.

Pacient se dívá na červeno-zelený optotyp (obr. 12) ze vzdálenosti, na kterou jsme stanovovali adici. Pokud je hodnota adice správná, pacient vidí v červeném i zeleném poli stejně kontrastní text. Je-li text kontrastnější v zeleném (červeném) poli, pak je vyšetřovaný na blízko podkorigovaný (překorigovaný). Některé faktory však mohou zkreslovat výsledky tohoto testu např.: senilní žloutnutí čočky způsobuje dominantní vnímání textu v červeném poli, naopak mladší pacienti (do 50 let) mohou preferovat spíše zelenou část textu. [18, 21]



Obr 12 Červeno-zelený test

2.4.6 Kontrola zrakového pohodlí s adicí

Na závěr stanovení adice je důležité ověřit oblast ostrého vidění. Ta se určuje pomocí polohy blízkého a dalekého bodu s korekcí do blízka (označujeme jako r_B a p_B). Blízký bod (P_B): pacient se dívá na optotyp s adicí (nejmenší řádek, který přečte), postupně přibližuje text až do té doby, kdy nebude schopen číst daný řádek. Daleký bod (R_B): pacient se opět dívá s adicí na nejmenší řádek, jenž přečte a postupně

optotyp oddaluje, zastaví oddalování, až řádek nebude schopen přečíst. Hlavní pracovní bod by se měl nacházet v intervalu mezi dalekým a blízkým bodem. [13, 18]

Tento interval nám poskytuje informaci, v jaké oblasti uvidí pacient ostře s danou korekcí do blízka. Díky tomuto můžeme vyhodnotit, zda jsme pacientovi zajistili ostré vidění dle jeho zrakových požadavků. Rozsah intervalu pro konkrétní hodnoty adice uvádí tabulka 3. Z prezentovaných dat je zřejmé, že hodnota adice ovlivňuje rozsah oblasti ostrého vidění. Dle údajů v tabulce lze říci, že čím vyšší hodnota adice, tím je menší rozsah oblasti ostrého vidění.

Tab. 3 – Adice a oblast ostrého vidění [12]

věk	pracovní vzdálenost [cm]	adice [D]	oblast ostrého vidění [cm]
45	30	+1,25	80-24
	40	+0,50	200-29
50	30	+2,00	50-25
	40	+1,00	100-33
55	30	+2,25	44-27
	40	+1,50	67-33
60	30	+2,75	36-27
	40	+1,75	57-36
70	30	+3,00	33-29
	40	+2,50	40-33

2.5 Možnosti korekce presbyopie

Dnešní moderní doba přináší různorodé možnosti korekce presbyopie. Za nejdostupnější a jednu z nejstarších možností korekce presbyopie je považována brýlová korekce. S nástupem a vývojem kontaktních čoček došlo k využití i této optické pomůcky k odstranění následků presbyopie. Mezi nejnovější a nadstandardní způsoby korekce presbyopie řadíme refrakční chirurgii.

2.5.1 Brýlová korekce

Pro svoji cenovou dostupnost je brýlová korekce nejrozšířenější způsob optimalizace presbyopie. Dle požadavků pacienta na kvalitu vidění lze doporučit

vhodnou brýlovou čočku, jež mu poskytne optimální řešení jeho problému. Rozlišujeme jednoohniskové a více ohniskové brýlové čočky.

Jednoohniskové brýlové čočky: mají základní vrcholovou lámavost a jsou tvořeny dvěma opticko-sférickými plochami. Jedná se o základní sortiment brýlových čoček, jež slouží ke korekci presbyopie a základních refrakčních vad (myopie a hypermetropie). Použití jednoohniskových čoček u presbyopického pacienta je ideální v případě, že korekci chce využívat jen na jednu konkrétní pracovní vzdálenost, protože takováto korekce mu zajišťuje velký rozsah zorného pole na danou vzdálenost. [22]

Další možností korekce presbyopie mohou být víceohniskové brýlové čočky. Využívají se především u pacientů, kteří mají refrakční vadu do dálky a presbyopické potíže. Tito lidé potřebují jak korekci refrakční vady, tak i presbyopie a víceohniskové čočky jim zajistí korekci obou vad zároveň. Mezi víceohniskové čočky řadíme: bifokální, trifokální a multifokální.

Bifokální brýlové čočky jsou nejstarším typem víceohniskových brýlových čoček. Mají dvě optické zóny: horní část umožňující vidění do dálky a spodní segment určený pro vidění do blízka (obr. 13). Nevýhodou je, že mezi zónou do dálky a do blízka vzniká skok obrazu, jež je způsobený vlivem rozdílných prizmatických odchylek při pohledu z dálky do blízka. [22]

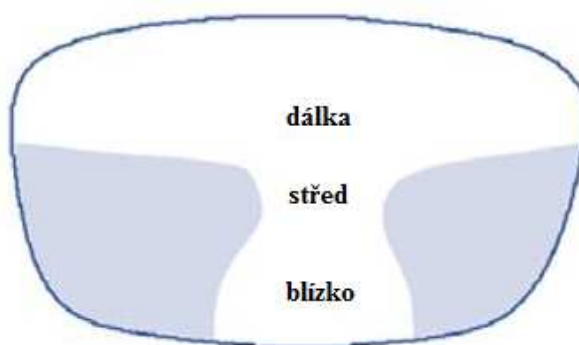


Obr. 13 – Vizuální zobrazení zorného pole bifokální brýlovou čočkou [23]

Trifokální brýlové čočky mají tři optické zóny pro dálku, střední vzdálenost a blízko. Oproti bifokálním čočkám poskytují komfortnější vidění, protože obsahují navíc optický segment korigující rozmazané vidění na střední vzdálenost. Tato střední

zóna zajišťuje plynulejší přechod vidění z dálky do blízka, nedochází k tak výraznému skoku obrazu.

Multifokální brýlové čočky (obr. 14) vykazují tu vlastnost, že jejich dioptrický účinek se plynule navyšuje směrem od shora dolů. To umožňuje vidění do dálky, na střední vzdálenost a do blízka. Plynulý nárůst dioptrií má tu výhodu, že se zde neprojeví skok obrazu. Dalším přínosem je estetický vzhled multifokálních čoček, nemají totiž viditelný segment jako je tomu u bifokálních a trifokálních čoček. [22]



Obr. 14 – Multifokální brýlová čočka [24, upraveno]

2.5.2 Kontaktní čočky

Někteří pacienti odmítají brýlovou korekci, protože jim neposkytuje dostatečné pohodlí. Ve vidění je může omezovat například rám obruby a navíc se tato korekce nedá použít při všech sportovních aktivitách. Kontaktní čočky zajišťují komfortní a diskrétní řešení problému. Dle daných kritérií pacienta lze doporučit i několik typů a variant kontaktních čoček uspokojujících jeho požadavky.

Existuje možnost kombinace brýlové korekce a kontaktních čoček. V tomto případě se většinou pomocí kontaktních čoček koriguje vidění do dálky a na blízko je nošena brýlová korekce. Tento způsob ocení především pacienti vyžadující ostré vidění do dálky po většinu dne, jelikož korekci do blízka potřebují jen zřídka. I když je tato metoda jednoduchým řešením daného problému, není moc využívána.

Metoda monovision využívá odlišné oční dominance. Na oko, jež je dominantní do dálky, je aplikována kontaktní čočka mající dioptrickou hodnotu do dálky a druhé oko je korigováno do blízka. Tato metoda navozuje umělou anizometrii (rozdílná dioptrická hodnota mezi oběma zrakovými systémy). Jedinec je schopen tolerovat dioptrický rozdíl do 1,5 D, vždy je ale důležitý individuální přístup a každý zájemce o tuto metodu ji musí subjektivně odzkoušet. Monovision je určitý kompromis

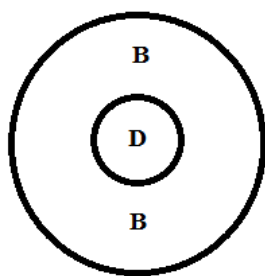
ve vidění, může narušit binokulární vidění a mohou se projevit astenopické potíže po delší práci na blízko, rozostřené vidění jednoho oka nebo horší vidění v noci. [3]

Později byla vyvinuta modifikovaná metoda monovision, kdy vedoucí oko je plně korigováno jednoohniskovou kontaktní čočkou a nedominantní oko je korigováno bifokální nebo multifokální kontaktní čočkou. [3]

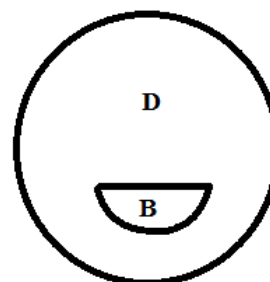
Bifokální kontaktní čočky podobně jako bifokální brýlové čočky mají část určenou na dálku a segment pro blízko. Tyto čočky se vyrábějí v alternujícím a simultánním designu. [25]

Alternující bifokální kontaktní čočky jsou založeny na principu alternujícího vidění, to znamená, že pacient vidí střídavě buď přes zónu do dálky, nebo do blízka (obr. 15). Zóna pro blízko se nachází pod okrajem pupily, jež se posune před zornici při pohledu dolů, tento mechanismus zajišťuje ostré vidění do blízka. Alternující bifokální kontaktní čočky mohou být koncentrické nebo se segmentem (obr. 16).

Simultánní bifokální kontaktní čočky jsou konstrukčně zajištěny tak, že před pupilou je jak zóna do dálky tak i do blízka. Proto pacient vidí ostře bez nutnosti pohybu oka. Pokud se pacient dívá do dálky, dopadá na sítnici ostrý obraz ze zóny určené pro dálku a obraz ze zóny pro blízko je neostrý, pozoruje-li blízky bod, je tomu naopak. Jedinec se tak musí naučit nevnímat rušivý neostrý obraz. Simultánní bifokální kontaktní čočky se vyrábějí koncentrické a difrakční. [25]



Obr. 15 – Základní alternující bifokální čočky



Obr. 16 – Alternující bifokální čočky se segmentem

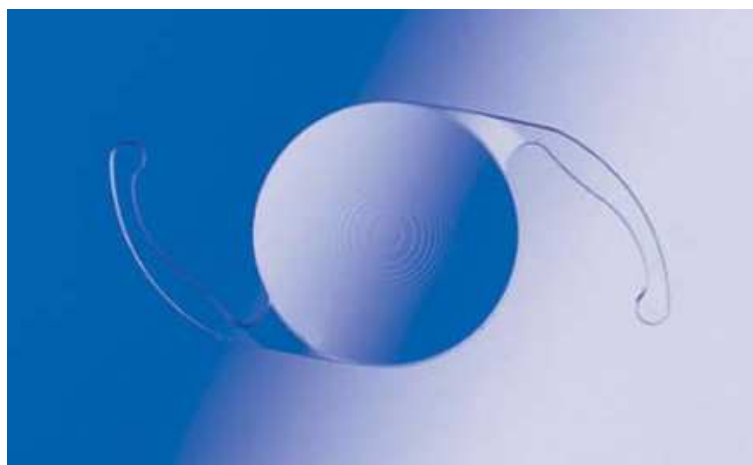
Multifokální kontaktní čočky dělíme na progresivní (asférické) a difrakční. U progresivních multifokálních kontaktních čoček dioptrická hodnota plynule narůstá směrem od centra k periférii. Centrální oblast čočky může mít dioptrickou hodnotu pro dálku či blízko. V praxi se častěji používají čočky s centrem pro dálku. Difrakční multifokální kontaktní čočky jsou konstruovány na základě difrakčního efektu Fresnelových prizmat. [3]

2.5.3 Refrakční chirurgie

Refrakční chirurgie se dělí na rohovkové refrakční výkony a nitrooční refrakční výkony. Pro optimalizaci presbyopie se používají nitrooční refrakční výkony.

Nitrooční refrakční výkony jsou založeny na principu redukce refrakční vady implantací umělé nitrooční čočky. Nitrooční umělá čočka může být fakická (tato čočka se aplikuje přímo do oka k přirozené čočce) a pseudofakická (nejdříve se vyjme přirozená čočka a pak se implantuje umělá). Korekce vetchozrakosti se provádí pomocí pseudofakické čočky většinou do vlastního pouzdra čočky. Dle nároků pacienta na vidění mu můžeme nabídnout jednoohniskové nebo multifokální nitrooční čočky. Jednoohniskové nitrooční čočky se používají ve spojení s již zmiňovanou metodou monovision, jež se před provedením zákroku musí nasimulovat do kontaktních čoček a je nutné odzkoušet pacientovu subjektivní snášenlivost. Mnohem komfortnější vidění zajišťují multifokální nitrooční čočky (obr. 17), které jsou založeny na difrakční technologii. [3]

Dalším typem těchto čoček mohou být akomodační umělé nitrooční čočky. Tato čočka by měla mít akomodační funkci a měla by pacientovi zajistit ostré vidění na všechny vzdálenosti bez potřeby použít brýle. Avšak pro úspěšnost této metody je potřeba, aby byla zachována dobrá činnost ciliárního svalu. Navíc pacient musí po operaci akomodaci rozcvičit přeastřováním z dálky do blízka, což může trvat až tři měsíce. [26]



Obr. 17 – Multifokální nitrooční difrakční čočka [3]

3 Výzkumná část

Cílem této práce bylo stanovit, zda jednotlivé metody určující hodnotu adice se ve výsledcích rovnají, nebo zda a případně o kolik se liší. Byly mezi sebou porovnávány objektivní metody (adice určená výpočtem a adice dle tabulky adice/věk) a subjektivní způsob určení adice. Dílčím cílem bylo experimentální stanovení hodnoty parametru k , který se používá při určení adice metodou výpočtu (viz kapitola 2.4.2). Dále bylo zjišťováno, zda má vliv na hodnotu amplitudy akomodace měnící se směr pohledu, tj. zda při různých směrech pohledu bude zjištěna stejná nebo odlišná amplituda akomodace. Na základě údajů z dosavadních studií (viz kapitola 1.8.1 tohoto textu a publikace [1]) předpokládáme, že se amplituda akomodace bude lišit. Tento jev by mohl mít vliv i na hodnotu adice.

3.1 Testované osoby

Do výzkumu byli zahrnuti probandi splňující předem daná kritéria. Mezi stanovená kritéria patřil věk (40 let a více), minimální binokulární vízus 1 do dálky i do blízka (s optimální korekcí refrakční vady do dálky a s optimální korekcí do blízka), dále pak byl kladen důraz na dobrý zdravotní stav zrakového orgánu. Především bylo zjišťováno, zda testované osoby netrpí očními chorobami, jež by mohly negativně zkreslovat hodnoty měření.

Do výzkumu se zapojilo 32 probandů, z toho 4 probandi nebyli zahrnuti do výsledků výzkumné části, neboť nesplnili již zmiňovaná kritéria. Věk měřených osob se pohyboval v rozmezí od 40-ti do 66-ti let, průměrný věk činil 52 let se směrodatnou odchylkou 6,85.

3.2 Metodika výzkumu

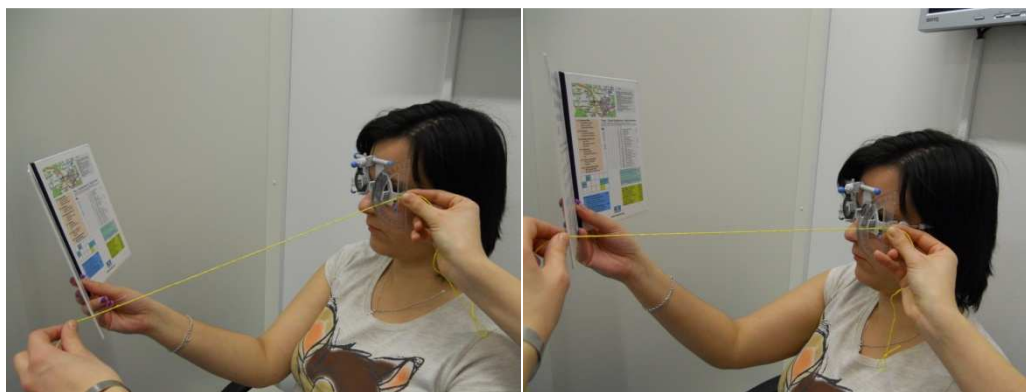
Měření a testy probíhaly v optometristické laboratoři na katedře optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a v optice - Optika Miroslava Sobková v Pardubicích. Každý proband byl před zahájením měření stručně seznámen s následujícím postupem testování. Postup byl též popsán v informovaném souhlasu, který každý proband, zapojený do studie, podepsal. Byla provedena anamnéza zaměřená

na celkový a oční zdravotní stav a na zrakové problémy týkající se vidění do dálky a blízka.

Měření se provádělo jen jednou bez opakování a průměrná doba vyšetření trvala 50 minut. Nejprve byla stanovena korekce refrakční vady do dálky pomocí objektivní refrakce za použití autorefraktometru a dále následovalo stanovení subjektivní refrakce prostřednictvím zkušební obruby, sady zkušebních skel a optotypu. Poté probíhalo vyšetření zrakových funkcí do blízka na odpovídajících testech s danou metodikou, jejichž pořadí bylo následující: určení vízu do blízka bez adice, měření amplitudy akomodace na pravítku Krimsky Prince rule, stanovení adice pomocí jednotlivých metod (subjektivní, početní metoda a určení adice z tabulky adice/věk) a měření velikosti amplitudy akomodace při pohledu dolů, přímo a nahoru. Jednotlivé testy proběhly dle postupů uvedených v kapitolách 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3.

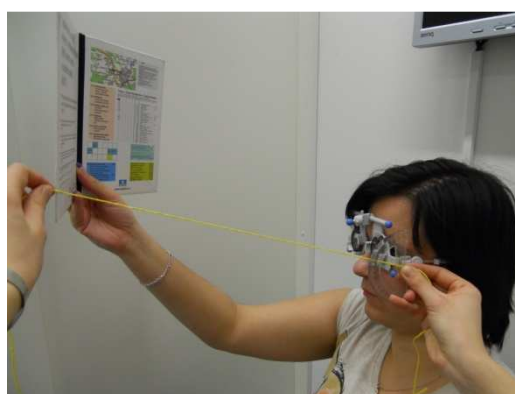
Vízus byl měřen na čtecích tabulkách, jež byly předkládány pro všechny probandy do stejné vyšetřovací vzdálenosti a to na 40 cm. Změřila se monokulární i binokulární hodnota amplitudy akomodace pomocí pravítka Krimsky Prince rule. Poté se určila adice pomocí tří odlišných metod, nejprve se provedlo subjektivní stanovení adice, pak následovalo početní určení adice a nakonec se adice určila z tabulky adice/věk. U všech stanovených hodnot adice byl zaznamenán vízus (monokulární i binokulární) a oblast ostrého vidění. Pro stanovení početní adice byla amplituda akomodace změřena na čtecích tabulkách (viz kapitola 1.8.1) a tato přepočítaná hodnota byla dosazena do vzorce.

Na závěr celého vyšetření bylo provedeno měření závislosti změny amplitudy akomodace ve třech základních pohledových směrech (dolů, přímo před sebe a nahoru). Vyšetřovaný měl nasazenou korekci do dálky plus subjektivně zjištěnou adici, aby mohl pozorovat odpovídající řádek na optotypu do blízka. Byl poučen, že se má snažit o přímé držení hlavy a hýbat jen očima na požadovaný směr a řádek. Standardní úhel pohledu pro všechny probandy byl zajištěn přiloženým úhломěrem a provázkem nataženým k právě odpovídajícímu řádku na optotypu viz (obr. 18). Pohled přímo před sebe určoval výchozí (nulovou) osu, pohled dolů byl měřen 20° pod nulovou osou a pohled na horu byl měřen 20° nad nulovou osou. Byla změřena vzdálenost čtecí tabulky a zkušební obruby a následně byly hodnoty přepočítány na amplitudu akomodace, jež byla upravena o hodnotu předřazené adice.



a, pohled dolů

b, pohled přímo



c, pohled nahoru

Obr. 18 – Vyšetřování amplitudy akomodace v různých směrech pohledu

Pro stanovení parametru k byly využity hodnoty subjektivně získané adice a amplitudy akomodace při pohledu dolů (přirozený pohled při práci do blízka). Hodnota parametru byla určena pro každého probanda a konečná hodnota byla stanovena jako průměr.

Měření a zpracování dat probíhalo od prosince 2011 do března 2012. Získaná data byla statisticky vyhodnocena párovým t-testem na střední hodnotu na hladině významnosti 5 %. Nulová hypotéza předpokládala ve všech uvažovaných případech rovnost měřených dat. Alternativní hypotéza předpokládala, že se hodnoty srovnávaných dat budou lišit. U výsledků statistického testu je též doplněna mezní hladina významnosti p , při které bude nulová hypotéza právě zamítnuta.

3.3 Výsledky

Pro přehlednější a jednodušší záznam výsledků bylo upraveno označení jednotlivých metod na: metoda I = subjektivně stanovená adice, metoda II = početně stanovená adice a metoda III = adice stanovená dle tabulky adice/věk.

Porovnání metod stanovení adice

Statisticky významná změna byla prokázána u porovnávání metody I s metodou III ($p < 0,0000088$ %) a také při porovnání metody II s metodou III byl zjištěn statisticky významný výsledek ($p < 0,024$ %). U porovnání metody I s metodou II nebyla zjištěna signifikantní změna ($p = 9,59$ %).

Statisticky byly také porovnávány hodnoty vízu dosažené s jednotlivými adicemi. Byly zjištěny signifikantní změny v porovnávání vízu stanoveném metodou I a vízu určeném metodou II ($p < 0,74$ %) a také byly prokázány signifikantní změny v porovnávání vízu metody I s metodou III ($p < 0,011$ %). Odchytky mezi vízem naměřeným metodou II a III byly nevýznamné ($p = 12,64$ %). Průměrné hodnoty vízu se směrodatnými odchylkami jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4 – Průměrné hodnoty vízu a jeho směrodatné odchylky

metoda	průměrná hodnota	směrodatná odchylka
metoda I	1	0
metoda II	0,92	0,15
metoda III	0,86	0,16

Dále byly stanoveny rozdíly hodnot adic určené jednotlivými metodami. Bylo provedeno srovnání metody I s ostatními metodami, subjektivní metoda byla zvolena jako referenční, protože je to v praxi optometristy a očního lékaře nejčastěji používaná metoda. Kladná hodnota znamená, že adice získaná porovnávanou metodou je vyšší než adice pro referenční (subjektivní) metodu. Výsledky jsou uvedené v tabulce 5.

Tab. 5 – Průměrné hodnoty rozdílů adic a jejich směrodatné odchylky

srovnávací metoda	referenční metoda	průměrný rozdíl [D]	směrodatná odchylka [D]
metoda II	metoda I	-0,089	0,39
metoda III	metoda I	-0,35	0,42

Dále byla spočítána hodnota k , jež vystupuje ve vzorci $k = -\frac{(ADD+HPB)}{A_{\zeta B}}$ (viz kapitola 2.4.2). Tento parametr byl počítán pro subjektivně stanovenou adici, výsledek činil 0,49 se směrodatnou odchylkou 0,27.

Změny amplitudy akomodace v závislosti na směru pohledu

Byly prokázány signifikantní změny v porovnávání amplitudy akomodace při pohledu dolů a nahoru ($p < 0,052 \%$) a při pohledu přímo a nahoru ($p < 3,51 \%$). Statisticky významnou změnu nepřineslo porovnávání amplitudy akomodace při pohledu dolů a přímo ($p = 81,56 \%$).

Byly zjišťovány rozdíly hodnot amplitudy při různých směrech pohledu. Referenční amplituda akomodace byla zvolena při pohledu dolů, protože je tento směr nejpřirozenější při práci do blízka a také proto, že se v tomto pohledu očekávala nejsilnější amplituda. Z výsledku vyplývá, že je-li jeho hodnota kladná, pak srovnávací amplituda akomodace je vyšší než referenční (amplituda při pohledu dolů). Tabulka 6 udává dané výsledky.

Tab. 6 – Průměrné hodnoty rozdílu amplitudy akomodace a její směrodatné odchylky

srovnávací amplituda	referenční amplituda	průměrný rozdíl [D]	směrodatná odchylka [D]
pohled přímo	pohled dolů	-0,027	0,59
pohled nahoru	pohled dolů	-0,24	0,32

3.4 Diskuze

Z výsledků studie vyplývá, že hodnota adice není stejná při použití jednotlivých vyšetřovacích metod. Nejlepších výsledků dosahuje subjektivní metoda, touto metodou byla dosažena průměrná hodnota binokulárního vízu 1. Adice u objektivních metod vykazovala nižší průměrné hodnoty vízu. V porovnání objektivních metod se subjektivní metodou, vykazovaly objektivní metody nižší hodnoty adic. I přes podkorigování mohou být tyto metody uplatněny při stanovení adice. V praxi by mohly poskytovat první orientační hodnoty, jež by se pomocí subjektivní metody upravily do finální adice.

Dále byla určena hodnota k , obvyklé hodnoty činí cca $\frac{1}{2}$ nebo $\frac{2}{3}$, stanovený výsledek koresponduje v rámci variability dané směrodatnou odchylkou. Údaje z literatury vedou, jak bylo prokázáno, k podkorigování. Námi získaný výsledek by měl udávat přesnější hodnotu adice ovšem s rizikem mírného překorigování v některých případech.

Dílčím cílem studie bylo ověření změny amplitudy akomodace se změnou směru pohledu. Dle očekávání se potvrdilo, že se hodnota amplitudy akomodace mění s daným směrem, nejsilnější byla při pohledu dolů a nejslabší při pohledu nahoru. Průměrný rozdíl amplitud mezi těmito pohledovými rovinami činil 0,24 D (tato hodnota při pohledu dolů a přímo činila 0,027 D). Vzhledem k tomu, že tento parametr se testoval na skupině probandů v presbyopickém věku, kdy je funkce akomodace již značně snižena, tak i dioptrický rozdíl amplitudy nedosahoval závažných výsledků. Byla položena otázka, zda tento jev by měl být zohledněn při stanovení konečné hodnoty adice. Zjištěné výsledky sice potvrdily změnu, ale tyto hodnoty nedosahují výrazných hodnot a proto se neočekává, že by tento jev měl mít výrazný vliv na konečnou hodnotu adice.

V měření amplitudy akomodace v závislosti na změně směru pohledu byla použita zkušební obruha, do které byla dána korekce refrakční vady a adice. Centrace korekce byla provedena dle obvyklých standardů, to znamená při přímém držení hlavy a pohledu přímo před sebe. Proband s touto korekcí při pohledu dolů a nahoru nekoukal přes ideální optický střed čočky, což mohlo vést k projevení optických vad zobrazování. Bylo uvažováno, jestli tento faktor může zkreslovat naměřené výsledky. Touto problematikou se již diplomová práce nezabývá. Pro detailní rozbor by bylo potřebné provést samostatnou studii.

Závěr

Tato práce se zabývala problematikou presbyopie a jejího dopadu na vidění. Pro pochopení daného tématu byla do teoretické části zahrnuta akomodace, především byla pozornost věnována jednotlivým teoriím akomodace a vyšetřovacím metodám zaměřené na vyšetření amplitudy akomodace. Kapitola pojednávající o problematice presbyopie byla zaměřena na příčiny vzniku a projevy presbyopie. Dále byly podrobně popsány vyšetřovací postupy a metody stanovující adici, jež byly prakticky ověřeny v experimentální části práce.

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit, která z metod určující adici dosahuje nejlepších výsledků. Tomuto problému se věnovala výzkumná část této práce. Z výsledků vyplývá, že při použití jednotlivých metod dostáváme odlišné hodnoty adic. Při porovnávání stanovené adice a vízu vykazala subjektivní metoda nejlepšího účinku. Dílčím cílem studie bylo prokázání vlivu směru pohledu na hodnotu amplitudy akomodace a tudíž i na hodnotu adice. Z naměřených údajů bylo stanoveno, že tento jev nemá výrazný vliv na danou problematiku.

Tato diplomová práce by mohla sloužit očním specialistům k lepší orientaci v problematice presbyopické korekce. Na základě poznatků získaných v experimentální části je zřejmé, že nejpoužívanější současná metoda (subjektivní metoda určující adici), nebude zatím jinou metodou nahrazena. Ostatní metody mohou být aplikovány spíše jako doplňkové.

Použitá literatura a další zdroje

[1] ANTON, Milan: *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2004, ISBN 80-7013-402-X

[2] <http://www.bedekerzdravia.sk/?main=article&id=421>

[3] KUCHYNKA, Pavel: *Oční lékařství*, 1. vyd. Praha, Grada 2007, ISBN 978-80-247-1163-8

[4] ČIHÁK, Radomír: *Anatomie 3*, Grada 1997, ISBN 80-7169-140-2

[5] ROZSÍVAL, Pavel: *Oční lékařství*, 1. vyd. Praha, Galén 2006, ISBN 80-7262-404-0

[6] http://salerno.uni-muenster.de/data/bl/sobotta/pics_big/0635.html

[7] <http://www.cocky.cz/akomodace-oka.html>

[8] http://www.patientenverenigingstaar.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=67

[9] KVAPILÍKOVÁ, Květa: *Anatomie a embryologie oka*, vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, ISBN 80-7013-313-9

[10] AUTRATA, Rudolf – VANČUROVÁ, Jana: *Nauka o zraku*, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, ISBN 80-7013-362-7

[11] PLUHÁČEK, František: *Normální binokulární vidění*, studijní materiály UP

[12] TUNNACLIFFE, A. H.: *Introduction to visual optics*, ABDO College of Education, 2004, ISBN 978-0-900099-28-1

[13] RUTERLE, Miloš: *Brylová optika*, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993, ISBN 80-7013-145-4

[14] http://www.cocky.cz/images/oko_akomodace.jpg

[15] KVAPILÍKOVÁ, Květa: *Práce a vidění*, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999, ISBN 80-7013-275-2

- [16] is.muni.cz/th/175182/lf_b/Bakalarska_prace.pdf
- [17] ELLIOTT, D. B.: *Clinical procedures in primary eye care*, Evolve, 2007, ISBN 978-0-7506-8896-3
- [18] PLUHÁČEK, František: *Korekce zraku I., II.*, studijní materiály UP
- [19] <http://moderni-optika.info/tag/optika/page/2>
- [20] KVAPILÍKOVÁ, Květa: *Vyšetřování oka*, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1995 první vydání, ISBN 80-7013-195-0
- [21] ESSILOR: *Praktická refrakce*, Essilor International 2007
- [22] RUTRLE, Miloš: *Břýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2001, ISBN 80-7013-347-3
- [23] <http://www.bonusoptik.cz/progresivni/bifo>
- [24] <http://optikskrbkova.web.beneta.cz/cz/akce-a-novinky/zabarvovaci-multifokalni-brylove-cocky-za-cenu-cirych/n122>
- [25] SVATOPLUK, Synek – SKORKOVSKÁ, Šárka: *Kontaktní čočky*, vyd. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských oborů v Brně, 2003, ISBN 80-7013-387-2.
- [26] http://www.epilasik.cz/lecbadioptrickyvhad_nitroocnioperace.htm
- [27] <http://wdict.net/img/presbyopia.jpg>