

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA OPTIKY

**AKOMODAČNÍ A VERGENČNÍ FACILITA
S BRÝLOVOU KOREKČÍ A S KOREKČÍ
KONTAKTNÍMI ČOČKAMI**

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Jana Kotrncová

obor N5345 OPTOMETRIE

studijní rok 2013/2014

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

Mgr. Lucie Machýčková

Čestné prohlášení

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

V Olomouci 22. 4. 2014

Bc. Jana Kotrcová

Poděkování

Děkuji Mgr. Lucii Machýčkové za vedení práce.

Děkuji figurantům, za ochotu účastnit se měření a čas, který mi věnovali.

Děkuji všem dobrodincům, kteří přispěli ke zdárnému dokončení této práce, zejména za konzultace praktické i teoretické části práce, korekturu a psychickou podporu.

Tento text vznikl za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem „Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2014015.

Seznam použitých zkratek

AA	amplituda akomodace
AC	akomodační konvergence
AC/A	poměr akomodační konvergence a akomodace
AF	akomodační facilita
b	blízko
BAF	binokulární akomodační facilita
BČ	brýlová čočka
BI	báze nazálně (z angl. <i>base-in</i>)
BN	báze nazálně
BO	báze temporálně (z angl. <i>base-out</i>)
BT	báze temporálně
BV	binokulární vidění
C	konvergence
CA	konvergenční akomodace
CA/C	poměr konvergenční akomodace a konvergence
cpm	cyklů za minutu (z angl. <i>cycles per minute</i>)
cyl	cylindr
d	dálka
D	dioptrie
Δ	vzdálenost korekčního členu od oka
ED	exces divergence
FV	fúzní vergence
IA	insuficience akomodace
IC	insuficience konvergence
ID	insuficience divergence
JBV	jednoduché binokulární vidění
KČ	kontaktní čočka
MAF	monokulární akomodační facilita
NFR	negativní fúzní rezerva
NFV	negativní fúzní vergence
NPC	blízký bod konvergence (z angl. <i>near point of convergence</i>)
NRA	negativní relativní akomodace

OD	pravé oko (z lat. <i>oculus dexter</i>)
OS	levé oko (z lat. <i>oculus sinister</i>)
pD	prizmatická dioptrie
PD	pupilární vzdálenost (z angl. <i>pupillary distance</i>)
PFR	pozitivní fúzní rezerva
PFV	pozitivní fúzní vergence
PRA	pozitivní relativní akomodace
SD	směrodatná odchylka (z angl. <i>standard deviation</i>)
SE	sférický ekvivalent
VF	vergenční facilitata
ZP	zorné pole

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 AKOMODACE A VERGENCE.....	7
1.1 Složky akomodace a vergence	8
1.2 Veličiny popisující akomodaci a vergenci.....	9
2 AKOMODAČNÍ FACILITA.....	10
2.1 Měření akomodační facility.....	10
2.1.1 Metody měření akomodační facility	10
2.1.2 Postup měření.....	13
2.2 Normální hodnoty akomodační facility.....	14
2.3 Předmět měření akomodační facility metodou ± 2 D flipru	16
2.4 Klinická interpretace hodnot akomodační facility	18
3 VERGENČNÍ FACILITA	20
3.1 Měření vergenční facility.....	20
3.1.1 Postup měření.....	21
3.2 Normální hodnoty vergenční facility.....	22
3.3 Klinická interpretace hodnot vergenční facility	22
4 NESTRABICKÉ BINOKULÁRNÍ PORUCHY	24
4.1 Dysfunkce akomodace	24
4.1.1 Insuficience akomodace.....	24
4.1.2 Akomodační nesnadnost.....	25
4.1.3 Exces akomodace	25
4.1.4 Akomodační ochablost.....	26
4.2 Vergenční dysfunkce	26
4.2.1 Insuficience konvergence, insuficience divergence	26
4.2.2 Exces konvergence, exces divergence	28
4.2.3 Základní esoforie, základní exofovie, dysfunkce fúzní vergence	29
4.3 Parálýza akomodace, parálýza konvergence	30
4.4 Řešení nestrabických binokulárních poruch	31
4.4.1 Využití akomodačního a vergenčního flipru ve zrakovém tréninku.....	33

5	MOŽNOSTI KOREKCE REFRAKČNÍ VADY	35
5.1	Přínosy a limity korekce brýlemi a měkkými kontaktními čočkami	35
5.1.1	Optické rozdíly	35
5.1.2	Estetické a praktické rozdíly.....	38
5.1.3	Rizika	39
5.1.4	Kvalita života	39
6	PRAKTICKÁ ČÁST	40
6.1	Cíle.....	40
6.2	Soubor testovaných osob.....	40
6.3	Metodika	41
6.3.1	Objektivní a subjektivní refrakce	41
6.3.2	Vstupní měření.....	41
6.3.3	Vergenční facilita.....	42
6.3.4	Akomodační facilita.....	42
6.3.5	Kontaktní čočky.....	43
6.3.6	Statistické vyhodnocení	43
6.4	Výsledky	43
6.5	Diskuse	47
6.6	Shrnutí.....	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	PŘÍLOHY	52

ÚVOD

Kvalitní prostorový vjem získáme pouze v případě jednoduchého binokulárního vidění. Binokulární sumace přináší zlepšení mnohých aspektů zrakového vjemu. Ať už se jedná o lepší zrakovou ostrost, lepší kontrastní citlivost, větší zorné pole a další. Laicky řečeno dvě oči vidí víc než jedno.

Výhod syntézy obrazů z obou očí můžeme využívat, pokud není spolupráce zrakového systému zatížena vadou, kterou systém sám nedokáže vykompenzovat. V případě dysfunkce oční spolupráce, která je dána schopností akomodace avergence, se dívání oběma očima stává nekomfortní s řadou symptomů.

Absencí binokulárního vidění se vyznačují stavy jako dlouhodobé šilhání, střední až těžká tupozrakost a další, kde na základě velké odchylky nebo upevněného zrakového systému již není možné binokulární vidění obnovit. Velkou řadu ale tvoří menší odchylky nebo stavy předcházející zjevnému šilhání tzv. A-V poruchy (akomodační a vergenční poruchy). Pokud se tyto poruchy správně a včas diagnostikují, mají ve většině dobrou prognózu úspěšného řešení a obnovení kvalitního binokulárního vjemu.

Teoretická část této práce v úvodní kapitole krátce popisuje procesy akomodace avergence a základní pojmy z této oblasti. Rozsáhlá část pojednává o akomodační a vergenční facilitě. Jsou zde uvedeny metody měření těchto veličin, normální hodnoty, klinická interpretace. Cílem je poukázat na význam měření těchto veličin pro diferenciální diagnostiku nestrabických binokulárních poruch (A-V poruch) a také na uplatnění měřicích pomůcek co by léčebný prostředek těchto alterací. A-V dysfunkce a možnosti řešení těchto dysfunkcí jsou popsány v samostatné kapitole. Dále jsou popsány nejčastější možnosti korekce refrakční vady. Uvedené kapitoly chtějí podat ucelený pohled k prováděnému výzkumu.

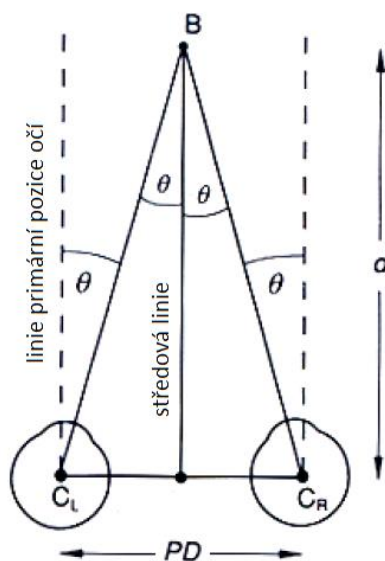
Praktická část popisuje provedený výzkum, ve kterém se porovnávala akomodační a vergenční facilitita u myopů do 30 let věku s korekcí brýlemi a kontaktními čočkami.

1 AKOMODACE A VERGENCE

Akomodace, jakožto zaostřovací systém, a vergence, jakožto stáčecí systém os očí, hrají důležitou roli v jednoduchém binokulárním vidění (JBV). Akomodaci definujeme jako optickou složku JBV, vergenci pak jako složku motorickou, neboť se jedná o disjunktní souhyby očí na sledovaný objekt. Procesy akomodace a vergence jsou vzájemně provázány, navzájem se podněcují a společně cílí k ostrému obrazu předmětu dopadajícímu na místo nejostřejšího vidění obou očí. Souhra akomodace a vergence je k úplnosti JBV doplněna sensorickou složkou, která se uskutečňuje v mozkové kůře. [14]

Akomodační požadavek teoreticky odvisí od vzdálenosti pozorovaného předmětu. Vyjadřuje se v dioptriích a spočítá se jako převrácená hodnota vzdálenosti pozorovaného předmětu v metrech (platí pro emetropické nebo plně vykorigované oko).

Vergenční požadavek závisí na pupilární vzdálenosti pozorovatele a taktéž na vzdálenosti sledovaného objektu. Vypočítá se jako dvojnásobek konvergenčního úhlu každého oka. Takto vypočtený vergenční požadavek je vyjádřen ve stupních (°).



Obr. 1 Konvergenční úhel θ [19, upraveno]

$$\tan^{-1} \theta = \frac{\frac{1}{2} PD}{d},$$

kde θ ...úhel konvergence každého oka, PD...pupilární vzdálenost (v metrech),
d...vzdálenost pozorovaného předmětu od středu otáčení oka (v metrech).

Po dosazení pro PD 64 mm a vzdálenost 0,427 m dojdeme k výsledku 8,57 °. V klinické praxi se pro popis vergence používá jednotka prizmatická dioptrie (pD). Vergence uvedená v pD je dána poměrem odchylky osy oka od přímého směru y (v cm) a vzdálenosti pozorovaného předmětu d (v m). Pro případ: PD = 64 mm, $x = 40$ cm (vzdálenost pozorovaného objektu od roviny brýlí), $\Delta = 12$ mm, by byla konvergence C stanovena takto:

$$C = \frac{y \text{ (cm)}}{[x + \Delta + (0,027 - \Delta)] \text{ (m)}} = \frac{3,2}{0,4 + 0,012 + 0,015} = 7,49 \text{ pD.}$$

Celková konvergence obou očí pak takto:

$$C = \frac{PD \text{ (cm)}}{[x + \Delta + (0,027 - \Delta)] \text{ (m)}} = \frac{6,4}{0,4 + 0,012 + 0,015} = 14,99 \text{ pD.}$$

Pro vzájemné převody těchto jednotek můžeme říct, že $1^\circ \approx 1,8 \text{ pD}$. [19]

1.1 Složky akomodace a vergence

Akomodace je tvořena čtyřmi složkami. Tonická složka akomodace neboli tonická akomodace je dána klidovým stavem tonusu ciliárního svalu. Konvergenční akomodace (CA) je složkou, jež vzniká na podnětu konvergence. Tato složka navozená konvergencí je kontrolována fúzí. Proximální akomodace je pak dána představou o vzdálenosti pozorovaného předmětu, vědomím jeho blízkosti. Reflexní akomodace doladuje rozmazaný obraz na sítnici, jež je podnětem automatického zaostření. [1]

Vergence je tvořena složkou tonickou, která je přítomna bez jakéhokoli stimulu pro fúzi. Tonická konvergence stáčí oči z anatomické zbytkové pozice, která je v divergenci, do více konvergentní pozice. Nedostatečná nebo naopak excesivní tonická konvergence vede k heteroforiím do dálky. Akomodační konvergence, je složka, která je navozena akomodací. Akomodační konvergence (AC) určuje forie do blízka. Pokud je AC jedince větší než je vergenční požadavek na danou vzdálenost bude vykazovat esofoirii, pokud menší exofoirii. Další složkou je fúzní nebo také bývá nazývána reflexní (kon)vergence. Tato složka je účinná při detekci disparátního zobrazení na sítnici. Opětovnému sfúzování tohoto zobrazení se děje právě díky fúzní vergenci a nedochází tak k dvojitému vidění. Fúzní vergence může kompenzovat nedostatky nebo přebytky tonické nebo akomodační konvergence a je taktéž složkou vergence, která se dá nejnázve trénovat. Proximální konvergence jakožto poslední složka konvergence je dána povědomím blízkosti sledovaného objektu. [5,11]

1.2 Veličiny popisující akomodaci a vergenci

Akomodační systém hodnotíme na základě těchto veličin: amplituda akomodace, akomodační facilitita a akomodační odezva. Tyto veličiny jsou navzájem nezávislé, proto výsledky jedné z nich nemohou s určitostí predikovat výsledky dalších. Máme-li podezření na alteraci akomodace, musíme proměřit každou z nich. Akomodaci nejlépe zhodnotíme na základě monokulárních měření, kde odpadá vliv případné dysfunkce binokulárního vidění. Pro informace o měření veličin akomodace odkazují na svou bakalářskou práci z roku 2011.

Vergenční systém je charakterizován veličinami: disociované forie, blízký bod konvergence, vergenční facilitita, pozitivní a negativní fúzní rezervy.

O akomodačním a vergenčním systému pak souběžně informují binokulární testy: pozitivní a negativní relativní akomodace, binokulární akomodační facilitita a akomodační odezva.

O vzájemném vztahu akomodace a vergence dávají informaci AC/A a CA/C poměr. Poměr AC/A udává velikost akomodační konvergence na základě dané akomodace. Normální hodnota AC/A je 3/1 až 4/1 pD/D. Obdobně poměr CA/C udává velikost konvergenční akomodace vytvořenou na základě dané konvergence. Normální hodnota CA/C je 1/10 D/pD. Z hlediska klinického využití je významný právě AC/A poměr, jelikož je důležitým parametrem pro diagnostiku nestrabických binokulárních poruch a taktéž určuje nejvhodnější řešení dané dysfunkce. Pro popis měření veličin vergence a AC/A poměru odkazují na práce Markéty Přehnalové (bakalářská – 2011, diplomová – 2013). [3, 13, 18]

2 AKOMODAČNÍ FACILITA

Tato kapitola podrobně popisuje akomodační facilitu (AF) z angl. *facility* = dovednost, schopnost snadno zvládnout. V českém prostředí se můžeme setkat také s termínem akomodační snadnost. Vhodně tuto veličinu vystihuje španělský výraz *flexibilidad* = pružnost, přizpůsobivost.

Akomodační facilitu popisuje schopnost očí dostatečně pružně, přesně a rychle zaostřovat dle konkrétního akomodačního požadavku v prodlouženém časovém intervalu 60 sekund. Mnohé jiné veličiny známé z binokulárního vidění popisující akomodaci (např. pozitivní relativní akomodace, negativní relativní akomodace, amplituda akomodace) vždy udávají maximální hodnoty akomodace za té které podmínky (předložená čočka, změna vzdálenosti). AF na rozdíl od zmíněných veličin přináší informaci o rychlosti neboli svižnosti reakce (jak rychle se akomodace změní) na základě nového akomodačního požadavku.

Snížená akomodační facilitu může vysvětlovat symptomy do blízka (rozmazané vidění, astenopie, diskomfort a další potíže, jež jsou spojeny se čtením nebo prací do blízka), ačkoli jiná měření např. amplituda akomodace, forie jsou v normě. [3, 6, 10, 15]

2.1 Měření akomodační facility

Základem pro měření AF je střídání dvou rozdílných úrovní akomodačního stimulu, které má vyšetřovaný za úkol zaostřit. Naměřenou hodnotu AF uvádíme v cyklech za minutu (cpm). Počítáme-li každé jedno zaostření při změně stimulu během 1 minuty, musíme pak tento počet podělit dvěma, abychom měli konečnou hodnotu v cpm.

Stejně jako amplituda akomodace tak i akomodační facilitu s věkem klesá. Proto není běžnou praxí ji měřit u presbyopů. [3]

2.1.1 Metody měření akomodační facility

Existují dvě základní metody pro měření akomodační facility. První z nich je alternující fixace dálka – blízko (*distance rock*). Druhou a častěji používanou metodou je použití akomodačního ± 2 D flipru (*lens rock*). Z anglických termínů plyne, že jednou se jedná o „kolébání“ akomodačního stimulu mezi dálkou a blízkiem. V druhém případě se

rovina akomodačního stimulu „kolébá“ pomocí předkládaných čoček tam a zpět dle jejich dioptrické hodnoty. [3, 10]

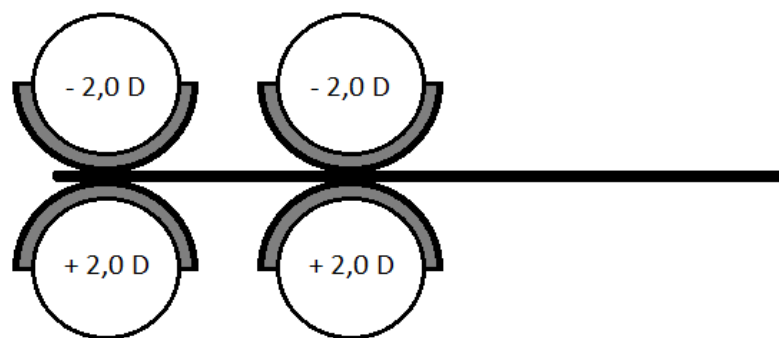
Další metodu měření AF bychom mohli v češtině nazvat odstupňování dle amplitudy akomodace (*amplitude-scaled lens rock*). [10]

Metoda alternující fixace dálka – blízko (*distance rock*)

Subjektivní hodnocení schopnosti alternace fixace mezi dvěma akomodačními stimuly. Jeden akomodační stimul je umístěn ve vzdálenosti 6 m, druhý ve vzdálenosti 40 cm. Bližším objektem je akomodace stimulována, vzdáleným pak uvolňována. Vyšetřovaný je požádán, aby změnil fixaci z jednoho stimulu na druhý, jakmile ho uvidí zcela ostře. Počítá se množství změn fixace, jichž je vyšetřovaný schopen po dobu jedné minuty. [3]

Akomodační ± 2 D flipr (*lens rock*)

Druhou a častěji používanou metodou pro měření AF je použití akomodačního ± 2 D flipru. Jedná se o předsádku tvořenou dvojicí sférických čoček o hodnotách $+ 2$ D a $- 2$ D, viz Obr. 2. Akomodační stimul je situován do blízka (40 cm). Předkládané čočky ovlivní zaostřovací systém. Spojky vyvolají relaxaci akomodace, rozptylky naopak stimulaci. Vyšetřovaný má pak za úkol rychle oznámit, jakmile se mu stimul zaostří při každém přehození flipru. Začíná se předložením čoček $+ 2$ D. Vyšetřující počítá, kolikrát přehodil flipr po dobu jedné minuty. [3, 6, 10]



Obr. 2 Akomodační ± 2 D flipr [vlastní zpracování]

Odstupňování dle amplitudy akomodace (*amplitude-scaled lens rock*)

Tuto metodu testování navrhli Yothers, Wick et al. (2002). Původními podněty pro vznik této metody bylo jednak to, že měření dospělých nad 30 let věku bylo zpochybňováno fyziologickým poklesem amplitudy akomodace. Což bylo potvrzeno studií na věkové skupině 30 až 42 let, kdy se neprokázal významný rozdíl mezi symptomatickými a asymptomatickými jedinci s použitím ± 2 D flipru. Další otázkou byla úvaha nad tím, jaký akomodační požadavek vlastně vyžaduje ± 2 D flipr u konkrétního jedince s konkrétní amplitudou akomodace. Např. pro mladého jedince s AA 12 D, ± 2 D flipr představuje 33 % rozsahu jeho AA, zatímco u staršího jedince s AA 6 D je to 67 % rozsahu jeho AA. Yothers et al. navrhl použít test odstupňovaný na základě AA, který používá vzdálenost fixačního stimulu takovou, kde je zapojeno 45 % AA, akomodační flipr pak té hodnoty, která odpovídá 30 % AA. (Tyto procentuální hodnoty vycházejí z úvodní studie, kde byly nalezeny jako parametry, u nichž je největší asociace mezi naměřenou hodnotou a symptomy.) Např. u jedince s AA 7 D bude použita vzdálenost fixačního stimulu 32 cm (45 % z 7 D je 3,15 D, $1/3,15$ D = 0,32 m), požadovaný rozsah flipru je 2,10 D (30 % z 7 D), použijeme tedy ± 1 D flipr.

Touto metodou byla testována skupina 152 dětí ve věku od 6 do 16 let a skupina 98 dospělých ve věku od 23 do 37 let. Rozdíl binokulární akomodační facility (BAF) mezi symptomatickými a asymptomatickými dětmi byl 3,7 cpm ($p = 0,0004$). Pro srovnání u metody ± 2 D flipru na 40 cm byl tento rozdíl 2,8 cpm ($p = 0,0055$). U skupiny dospělých byl rozdíl BAF mezi symptomatickými a asymptomatickými jedinci 4,1 cpm ($p = 0,0228$) při použití testu odstupňovaného podle AA. Pro srovnání u metody ± 2 D flipru na 40 cm byl tento rozdíl 2,1 cpm (statisticky nevýznamný).

Tato metoda se od metody akomodačního ± 2 D flipru liší tím, jak už z předchozího textu lze vytušit, že používá vzdálenost akomodačního stimulu (tabulky do blízka) a hodnotu čoček flipru odstupňovanou dle velikosti amplitudy akomodace. Tyto dva parametry pro provedení měření u konkrétní AA jsou uvedeny v tabulce v příloze č 1. [6, 10]

2.1.2 Postup měření

Měření provádíme s optimální korekcí do dálky. Použijeme denní osvětlení v místnosti a přídatné osvětlení pro dobrou čitelnost čtecí karty (bez odlesků). Fixační stimul musí obsahovat jemné detaily vysokého kontrastu. Sledovaný text odpovídá řádku o jeden větší než nejmenší, který vyšetřovaný přečte (obvykle řádek vízu 0.8 použijeme-li standardní tabulky do blízka) nebo vízus 20/30 jak uvádí publikace [6 a 10].

Vysvětlíme vyšetřovanému, že budeme po dobu 1 minuty měřit, jak rychle jsou schopny jeho svaly v oku pracovat, zaostřovat. Vyšetřovaný je instruován snažit se vidět stimul ostře co nejrychleji je to možné při každé výměně předkládané čočky či změně fixační vzdálenosti. Jakmile je stimul zaostřen přehodíme flipr nebo vyšetřovaný přehodí fixaci na druhý stimul (závisí od zvolené metody měření). Doporučuje se nejdříve provést krátké měření jako ukázkou pro vyšetřovaného, aby měl představu, co se po něm vyžaduje. Měříme jednak binokulární AF (BAF) tak také monokulární AF (MAF) pro každé oko. Nevyšetřované oko je zakryté. Vždy začínáme stimulem uvolňujícím akomodaci. Počítáme každé úspěšné zaostření předloženého akomodačního stimulu. Taktéž je důležité sledovat, zda vyšetřovanému působí větší obtíž předkládání plusových či minusových čoček, uvolnění či stimulace akomodace. Změřenou hodnotu AF zaznamenáváme v cyklech za minutu (cpm). Jeden cyklus znamená zaostření jak plusové, tak minusové čočky resp. zaostření stimulu v jedné i v druhé vzdálenosti.

Je třeba mít na paměti, že faktory jako spolupráce, nervozita a stupeň pozornosti mohou podstatně ovlivnit výsledky měření a vést tak k jejich nesprávné interpretaci. [3] Během měření se vyvarujeme chybám jako je pomalé (dlouho potom co vyšetřovaný oznámí zaostření) ale i příliš rychlé (dříve než vyšetřovaný oznámí zaostření) přehazování flipru. Další chybou je předkládání flipru tak, že vyšetřovaný přes něj nevidí stimul. [6]

Fixační stimul

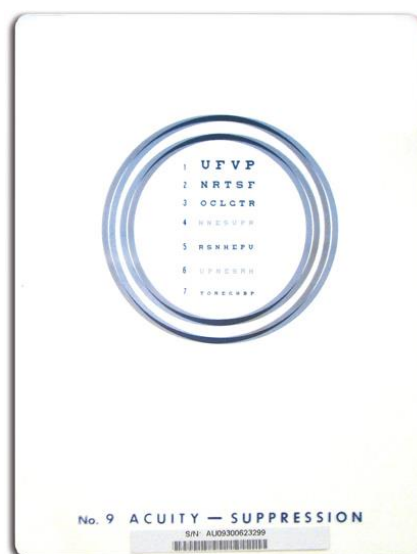
Fixačním stimulem, který obsahuje jemné detaily vysokého kontrastu, může být klasický text ze standardních tabulek do blízka. Můžeme ale taktéž použít tabulky přímo určené pro měření AF nazývané *accommodative rock cards*, viz Obr. 3. Tato varianta je doporučována zejména při měření dětí. Vyšetřovaný zde čte slova (nebo rozpoznává obrázek), která se objeví v po sobě jdoucích políčkách, následně po přehození předkládané čočky nebo po změně vzdálenosti na kterou vyšetřovaný fixuje (dle zvolené

metody měření). Takto se ujistíme, že vyšetřovaný vidí stimul i po změně akomodačního požadavku. [3]

Další možností, doporučenou mnoha autory, je použít stimul s kontrolou suprese, např. *vektogram Bernell č.9*, viz Obr. 4. Jedná se o polarizovaný test s několika řádky. Kdy jeden řádek je viděn jen pravým okem, jiný řádek jen levým okem a zbytek vidí obě oči. Tento fixační stimul se doporučuje, pokud máme podezření na supresi (z jiných provedených testů: např. Worthova světla, stereopse). Přítomnost suprese může zfalšovat výsledky BAF a jejich vyhodnocení. Fixační stimul bez kontroly suprese se naopak smí provést jen tehdy, když ostatní testy neindikují supresi do blízka. [3, 6]



Obr. 3 Accommodative rock cards [20]



Obr. 4 Vektogram Bernell č. 9 [21]

2.2 Normální hodnoty akomodační facility

Normativní data se poněkud liší v jednotlivých publikacích. Jako možná vysvětlení se uvádí velký věkový rozsah nasbíraných dat prezentovaný jako průměr nebo se jednalo o vzorky netříděné, zahrnující jak symptomatické tak asymptomatické jedince. Z tabulky v publikaci [10] na str. 73, která se pokouší o shrnutí výsledků několika studií, bych uvedla, že Burge (1979) dokazuje, že BAF s polarizačním testem vykazuje nižší hodnoty: střední hodnota je 14,1 cpm (SD = 8,5) v porovnání s testem bez polarizace: střední hodnota je 18,9 cpm (SD = 8,4). Věkové rozmezí testované skupiny bylo 6 až 30 let. Podobně uvádí publikace [3] že při použití polarizovaného testu a polarizačních brýlí klesá počet cyklů přibližně o 2 cpm oproti měření s obvyklými stimuly. Proto, abychom

mohli náležitě porovnat hodnoty BAF a MAF, je třeba i MAF změřit ve stejných podmínkách (vektogram Bernell č. 9, polarizační brýle) akorát s okluzí jednoho oka. [6]

Dále Hennessey et al. (1984) přináší nižší hodnoty změřené u symptomatických jedinců: MAF: OD: 8,6 (SD = 5,5), OS: 9,2 (SD = 6,5); BAF: 4,0 (SD = 6,0) a hodnoty vyšší u asymptomatických jedinců: MAF: OD: 11,8 (SD = 6,4), OS: 12,8 (SD = 7,2); BAF: 7,8 (SD = 8,0). Zde se jednalo o skupinu v rozmezí 8 až 14 let.

Množstvím kliniků používané nejzazší meze při použití ± 2 D flipru a vzdálenosti stimulu 40 cm pro věkové rozmezí 10 až 30 let jsou: BAF: 8 až 10 cpm; MAF: 11 nebo 12 cpm. Pro srovnání uvádím tabulku 1. [6, 10]

Do doby než proběhne rozsáhlejší studie, se jeví rozumné používat normativní hodnoty vycházející z menší studie Garcíi et al. (n = 48), taktéž uvedené v tabulce 1. Testovali jedince věkového rozmezí 10 až 30 let, kteří byli rozděleni do čtyř skupin dle konkrétní diagnózy. Právě toto rozdělení bylo významné pro určení normy AF. Jedinci s dysfunkcemi vykazovali MAF menší než 11 cpm, BAF menší než 10 cpm a rozdíl mezi MAF a BAF větší než 4 cpm. Nejzazší meze vyplývající z této studie jsou velmi podobné hodnotám, které uvádí mnohé další zdroje.

Publikace/zdroj (studie)	Normální hodnoty AF	
	MAF	BAF
Elliott [6] (Zellers et al. 1984), (Scheiman et al. 1988), (Rosenfield 1997)	Nepolarizovaný test: Dospělí: ≥ 11 cpm, Děti (8-12 let): ≥ 7 cpm	Polarizovaný test: Dospělí: ≥ 8 cpm, Děti (8-12 let): ≥ 5 cpm
Antona [2,3]	13-30 let: 11 ± 5 cpm 6-12 let: $6,5 \pm 2,5$ cpm	13-40 let: 8 ± 5 cpm 6-12 let: $4 \pm 2,5$ cpm
Pluháček [15]	Dospělí: 11 cpm kritická hranice 5 cpm	Dospělí: 8 cpm kritická hranice 2,5 cpm
Goss [10] (García et al. 2000)	10-30 let: ≥ 11 cpm	10-30 let: ≥ 10 cpm

Tab. 1 Normální hodnoty akomodační facility na vzdálenost 40 cm za použití ± 2 D flipru

AF měřená fliprem vykazuje vyšší hodnoty při větší velikosti písmen sledovaného textu, menší síle použitých čoček a bližší vzdálenosti testu. Loerzel et al. zjistil tyto hodnoty BAF s různou hodnotou předkládaných fliprů: ± 1 D, 18,8 cpm (SD = 3,5); $\pm 1,50$ D, 15,6 cpm (SD = 3,4); ± 2 D, 11,6 cpm (SD = 3,4). Jednalo se o skupinu padesáti

mladých dospělých. Proto se ukazuje důležité, aby vyšetřující dodržoval stálý postupu v měření co do zachování vstupních hodnot použitého flipru, velikosti sledovaných písmen a vzdálenosti testu. [10]

Pro metodu alternující fixace dálka – blízko nejsou stanoveny normální hodnoty. U této metody je změna v akomodačním požadavku 2,50 D, což je o 1,50 D méně oproti akomodačnímu požadavku u ± 2 D flipru. Tím, že každá metoda představuje jiný skok v akomodaci, jsou výsledky měření AF rozdílné. Při metodě alternující fixace dálka – blízko se očekávají vyšší hodnoty. [3] Jackson & Goss měřili skupinu 244 dětí ve věku 8-16 let. Střední hodnota BAF pro ± 2 D flipr byla 8,9 cpm zatímco pro metodu alternující fixace dálka – blízko 20,9 cpm. Haynes změřil metodou alternující fixace dálka – blízko skupinu 11 osob ve věku 23-37 let při velikosti sledovaného textu 20/25 a separaci písmen 5 úhlových minut. Střední hodnota byla 26 cpm (SD = 5). BAF jsou u této metody vyšší než MAF. AF měřená metodou alternující fixace dálka – blízko vykazuje vyšší hodnoty při větší velikosti písmen sledovaného textu a také při větší separaci písmen (Haynes). Zajímavostí je, že hodnoty BAF měřené metodou alternující fixace dálka – blízko zůstaly v porovnání s měřením metodou akomodačního flipru vyšší, i když byla hodnota čoček flipru upravena tak, aby změna akomodačního požadavku byla stejná jako u metody alternující fixace dálka – blízko (Miller et al.). Vysvětluje se to tím, že u metody alternující fixace dálka – blízko jsou podnětem pro akomodaci jak blízkost, tak rozmazaný obraz. U metody akomodačního flipru je podnět pro akomodaci pouze jeden – rozmazaný obraz. [10]

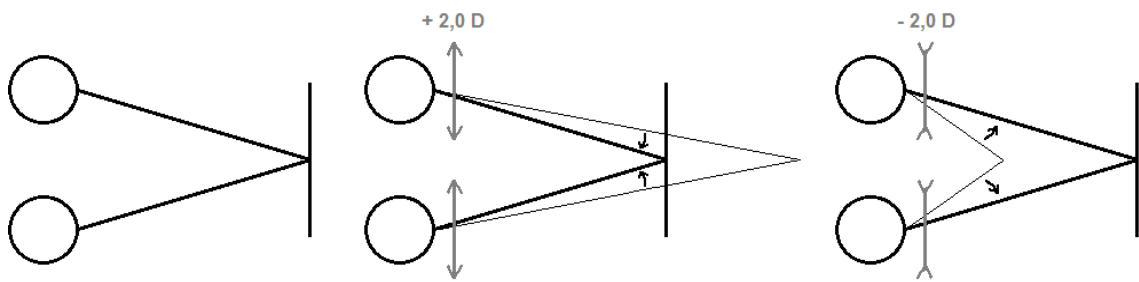
Normální hodnoty pro metodu odstupňovanou dle amplitudy akomodace uvádí publikace [10] 10 a více cyklů za minutu.

2.3 Předmět měření akomodační facility metodou ± 2 D flipru

Předmětem měření AF není jen a pouze akomodace, jak bychom mohli očekávat. Hodnota BAF přináší taktéž informace o vergenci resp. fúzní vergenci. Snížená hodnota BAF může (ale nemusí) indikovat akomodační problém, ale především indikuje problém vergenční.

Podnět pro akomodaci se při použití ± 2 D flipru a vzdálenosti testu 40 cm střídá mezi 0,50 a 4,50 D. Měříme-li MAF, je vždy druhé oko zakryté. Proto zde není žádný podnět pro konvergenci. MAF udává informaci pouze o akomodační facilitě.

Zatímco BAF hodnotí interakci mezi akomodačním a vergenčním systémem, jinými slovy neuvádí čistě jen akomodační facilitu ale uvažuje i konvergenci. Předpokládejme PD 64 mm. Pro tuto hodnotu je konvergenční stimul na vzdálenost 40 cm 15 pD. Předkládané čočky nemají vliv na celkový konvergenční stimul, je tedy stejný na jedné i druhé straně flipru. Jakmile přehodíme flipr z + strany na – stranu, dochází ke stimulaci akomodace, kterou my zkoumáme. Zároveň je ale tento nárůst akomodace doprovázen zvýšením akomodační konvergence. K udržení konstantní celkové konvergence na 15 pD a tedy JBV musí nastat změna ve fúzní vergenci. Zde konkrétně se musí zapojit negativní fúzní vergence, aby kompenzovala nárůst akomodační konvergence vyvolaný minusovou čočkou. Přesně obráceně to funguje, přehodíme-li flipr na + stranu. Zde dochází k uvolnění akomodace. Znova díky synkinéze akomodace a konvergence dochází k poklesu akomodační konvergence při poklesu akomodace. Udržení konstantní konvergence zajistí pozitivní fúzní vergence o stejné velikosti jako pokles akomodační konvergence. Znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5 Zapojení PFV při binokulárním předložení + 2,0 D (situace uprostřed),
zapojení NFV při předložení - 2,0 D (situace vpravo)
[vlastní zpracování]

Jiným způsobem se na tuto problematiku můžeme dívat tak, že při předložení minusové strany flipru nastane posun forie víc do esofovie, tudíž k udržení fúze musí nastoupit NFV. Na plusové straně bude docházet k posunu forie víc do exofovie. Zde pro udržení fúze nastoupí PFV. Vyšetřovaný s esofovií, která přetrvává i s korekcí jeho refrakční vady, bude pomalejší na minusové straně při měření BAF, jelikož jeho esofovie nabyde. Podobně u vyšetřovaného na počátku s exofovií bude pomalejší reakce na plusové čočky, kvůli zvětšené exofovií. [10]

2.4 Klinická interpretace hodnot akomodační facility

Naměřené hodnoty AF slouží pro zhodnocení kvality akomodace a její úlohy v účinném a pohodlném binokulárním vidění.

Nejprve měříme BAF, jelikož BAF může být nízká bez nízkých MAF, zatímco pokud jsou nízké MAF je obvykle nízká i BAF. Normální hodnota BAF evokuje normální jak funkce akomodační tak vergenční. Oči mají dobrou schopnost v navozování i v relaxaci akomodace, dobře konvergují i divergují. Pokud hodnota BAF není v normě, přejde se k měření MAF, které bude hrát významnou roli v diagnostice. Jestliže následně hodnoty MAF budou v normě, je problém ve vergenčním systému. To znamená, selhávala-li BAF s +, očekává se slabá konvergence (je třeba ověřit PFR do blízka). Pokud BAF selhávala s –, očekává se slabá divergence (je třeba ověřit NFR do blízka). Opačně pokud budou hodnoty MAF také nízké, předkládá se problém v akomodaci. Čtyři možné situace, se kterými se můžeme setkat při hodnocení výsledků MAF, jsou uvedeny v následující tabulce:

Čočky	Interpretace
+ -	
✓ ✓	Není problém v akomodační facilitě.
× ×	Akomodační nesnadnost, může být potvrzena nízkými hodnotami PRA a NRA a selháváním BAF v obou směrech.
× ✓	Hyperakomodace, tzn. buď exces akomodace, nebo spasmus akomodace. Může se jednat čistě o akomodační problém, ovšem není vzácností, že v sobě ukrývá binokulární problém.
✓ ×	Problém ve stimulaci akomodace, často doprovázen sníženou AA. Příklad akomodační insuficience nebo akomodační ochablosti. Diagnostika může být potvrzena nízkými hodnotami PRA a vysokými hodnotami akomodační odezvy (vyšší plusové hodnoty).

Tab. 2 Interpretace výsledků MAF

(kde ✓ ...dobrý výkon, ×...selhává) [3, 10, 13, 17]

Z výsledků studie Garcíi et al., uvedených v tabulce 3, vidíme, že skupina s akomodačními dysfunkcemi má nižší hodnoty MAF i BAF oproti skupině s normální akomodací a zároveň normálním BV. U skupiny s binokulárními dysfunkcemi je BAF nižší oproti normální skupině, nicméně MAF jsou téměř srovnatelné s normální skupinou.

	Pravé oko	Levé oko	Binokulárně
Akomodační dysfunkce (n = 13)	5,7 (3,0)	5,6 (2,9)	7,5 (3,2)
Binokulární dysfunkce (n = 11)	12,6 (4,2)	12,7 (3,6)	5,2 (3,8)
Akomodační a binokulární dysfunkce (n = 12)	8,9 (5,0)	8,3 (4,6)	7,1 (4,1)
Normální akomodace a BV (n = 12)	13,4 (2,2)	13,0 (2,3)	13,1 (2,5)

Tab. 3 *Střední hodnoty (v závorce jsou uvedeny směrodatné odchylky) akomodační facility v cpm u jednotlivých diagnostických skupin na vzdálenost 40 cm za použití ± 2 D flipru (García et al.) [10]*

Měření AF je silně spojené s nácvikem testu. Pokud je měřeno pravé oko jako první v pořadí, AF u levého oka vykazuje vyšší hodnoty. Jackson & Goss uvádí střední hodnoty pro pravé oko 9,8 cpm, pro levé 11,5 cpm. Na základě toho efektu Rouse et al. doporučuje opakovat měření další 2 minuty, pokud se během první minuty hodnoty jeví jako nedostatečné. Teprve potom, zůstávají-li hodnoty i v druhé a třetí minutě nedostatečné nebo snižují-li se, by měla být hodnota prohlášena za nedostatečnou. [10]

3 VERGENČNÍ FACILITA

Předložená kapitola uvádí podrobný popis vergenční facility (VF). Tato veličina popisuje dynamickou schopnost fúzní vergence realizovat rychlé a opakující se změny horizontální fúzní vergence během prodlouženého časového úseku (jedné minuty). Jinak řečeno jde o schopnost očí dostatečně pružně, přesně a rychle konvergovat dle konkrétního vergenčního požadavku. Veličiny jako disociované forie, pozitivní fúzní rezervy, negativní fúzní rezervy a blízký bod konvergence popisují konvergenci, co by maximum vergence za té které podmínky (nepřítomnost fúze, předložené prizma, změna vzdálenosti). VF na rozdíl od zmíněných veličin udává informaci o rychlosti změny konvergence. [3, 10, 15]

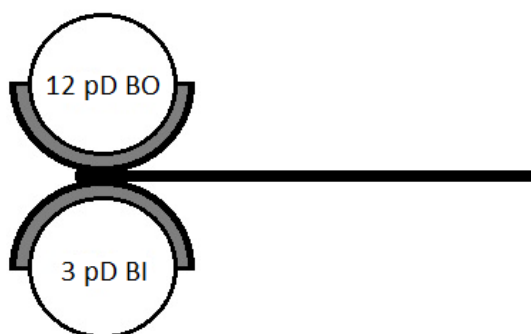
Snížená vergenční facilita může vysvětlovat potíže symptomatických pacientů při normálních foriích, normálních fúzních rezervách. [3, 6, 10, 18]

3.1 Měření vergenční facility

Pro měření rychlosti fúzní vergence a latence fúzní vergence byl Grishamem doporučen objektivní test. Je zde ovšem nutná značná zkušenost vyšetřujícího, aby správně rozpoznal, zda se jedná o odezvu pomalou, přiměřenou či rychlou. Při tomto testu se předkládá prizma 6 pD BO před jedno oko. Vyšetřovaný sleduje fixační stimul přibližně ve 40 cm. Vyšetřující pozorně sleduje druhé oko, před kterým prizma není a subjektivně hodnotí latenci a rychlost odezvy fúzní vergence. Grisham, zjistil, že neprojevenost fúzní vergence je větší a rychlost fúzní vergence menší u jedinců, kteří vykazují abnormální vergenci a forie. [10]

Vergenční facilitu měříme běžně metodou subjektivní za použití prizmatického flipru, který poskytuje střídání dvou rozdílných vergenčních požadavků, viz Obr. 6. Pozitivní fúzní vergence je navozena předložením prizmatu BO, negativní fúzní vergence pak předložením BI. Vergenční flipr je tvořen buď ze dvou prizmatických klínů, nebo může být tvořen ze dvou dvojic prizmatických klínů, podobně jako akomodační flipr. V takovém případě je hodnota prizmatu rozdělena mezi obě oči. Bohužel neexistuje shoda v tom, jaká hodnota prizmat by se měla použít. Mezi nejdoporučovanějšími jsou tyto hodnoty: 8 pD BT/8 pD BN, 16 pD BT/8 pD BN a 12 pD BT/3 pD BN. VF se stejně jako AF uvádí v cpm. [3]

Gall et al. testoval použití šestnácti různých kombinací prizmat pro měření AF pomocí vergenčního flipru u skupiny mladých dospělých. Pro testování do dálky (4 m) použil rozsah prizmat 0-9 pD BI a 0-18 pD BO s celkovou změnou ve vergenčním požadavku 9-18 pD. Pro testování do blízka (40 cm) použil rozsahy 3-12 pD BI a 3-27 pD BO s celkovou změnou ve vergenčním požadavku 15-30 pD. Zjistil, že na obě vzdálenosti nejlépe odlišuje symptomatické a nesymptomatické jedince použití kombinace prizmat 3 pD BI/12 pD BO. Tato kombinace hodnot také poskytuje opakovatelné výsledky.



Obr. 6 *Vergenční flipr* [vlastní zpracování]

Gall také srovnával tři různé vertikální fixační stimuly pro testování VF se záměrem zjistit, zda je nezbytné použít fixační stimul s kontrolou suprese. Došel k závěru, že VF je skoro nezávislá na fixačním stimulu. Jako vhodný stimul postačí vertikální řada znaků o vízu 20/30. [10, 18]

3.1.1 Postup měření

Měření provádíme s optimální korekcí do dálky. U presbyopů s korekcí do blízka. Použijeme denní osvětlení v místnosti a navíc přídatné osvětlení pro dobrou čitelnost čtecí karty. Jako fixační stimul použijeme sloupec písmen odpovídající vízu mezi 0.5 až 1.0. Tento typ stimulu je vhodný, jelikož se jedná o stimul snadno sfúzovatelný a také se u něj rychle zaznamená diplopie. Tento sloupec je zpravidla situován do blízka (40 cm).

Vyšetřovaného seznámíme se záměrem měření, že nyní budeme měřit, jak pružně se pohyby jeho očí přizpůsobují změnám požadavků po dobu jedné minuty resp. jak dobře oči zajišťují ostré a jednoduché vidění při předkládání flipru. Vyšetřovaný bude mít za úkol sledovat sloupec písmen a oznámit okamžik, kdy jej uvidí ostře a jednoduše po každém přehození flipru. Zároveň se musí snažit jednoduchého vidění dosáhnout co

nejrychleji. Je vhodné provést krátké zkušební měření, aby vyšetřovaný měl zkušenost s tím, že je potřeba určitá doba k tomu, aby docílil jednoduchého vidění po předložení prizmatu. Protože se jedná o subjektivní test, je nezbytné, aby vyšetřovaný dobře chápal, co se po něm vyžaduje. Prizmatický flipr předkládáme před oko vyšetřovaného naprosto horizontálně. Flipr se přehodí na opačnou stranu, vždy jak vyšetřovaný oznámí, že dosáhl ostrého a jednoduchého vidění sloupce písmen. Počítáme počet přehození flipru během jedné minuty, které vyšetřovaný byl schopen sfúzovat. Začínáme předložením prizmatu BO. Tak jako u měření AF i zde by měl vyšetřující sledovat, zda vyšetřovanému působí větší obtíž vidět obraz jednoduše při předkládání prizmat BO nebo BI. Změřenou hodnotu VF zaznamenáváme v cyklech za minutu (cpm). Jeden cyklus znamená jednoduché vidění, jak s prizmatem BT, tak s prizmatem BN. Pro hodnotu v cpm, musíme počet přehození flipru podělit dvěma. Tradičně se VF měří pouze jednou, avšak výzkumy naznačují, že to možná není postačující. [3, 6, 10, 18]

3.2 Normální hodnoty vergenční facility

Studie Galla et al. z roku 1998 doporučovala za hranici 15 cpm pro VF do blízka za použití 3 pD BI/12 pD BO. Pozdější jeho studie prohlašuje za normální hranici 12 cpm. Jelikož tato studie byla provedena na skupině mladých dospělých a výkonnost VF se zlepšuje s věkem, budeme u dětí očekávat o něco nižší hodnoty.

Nejzazší mez pro VF do dálky uvádí Gall 8 cpm. [10]

3.3 Klinická interpretace hodnot vergenční facility

Přizpůsobivost vergenčního systému je důležitým faktorem v účinném a pohodlném binokulárním vidění. Klinickou užitečnost vergenční facility ukázal ve své studii Gall & Wick. U 18 jedinců ze skupiny 30 mladých dospělých s astenopickými potížemi, ale normálními foriemi byla měřením vergenčním fliprem 3 pD BI/12 pD BO zjištěna snížená VF do dálky nebo do blízka nebo obojí. Kvůli možnosti snížené vergenční facility i za normálních hodnot amplitudy fúznívergence resp. fúzních rezerv je nutností u symptomatických pacientů zhodnotit oba tyto aspekty. Hlavním rozdílem mezi proměřením vergenční facility a proměřením rozsahuvergence spočívá v tom, že v prvním případě je vyšetřovaný nucený k rychlé změně fúznívergence při velké změně požadavku určitý prodloužený časový interval. Zatímco v případě fúzních rezerv je

požadavek navyšován po menších dávkách prizmatu v krátkém časovém úseku. Provádíme-li měření VF na vzdálenost 40 cm, měl by vyšetřovaný teoreticky akomodovat 2,50 D. Nicméně kvůli zaostávání akomodace je akomodační odezva všeobecně menší tedy mezi 1,75 - 2,00 D. Při předložení flipru 12 pD BT/3 pD BN se stimuluje PFV o velikosti 12 pD při dívání skrz prizma s BT. Při dívání skrz prizma s BN dochází ke stimulaci NFV o velikosti 3 pD. Akomodace se zde nemění. Pokud vyšetřovaný disponuje dostatkem fúznívergence, vidí sloupec písmen ostře a jednoduše. Dojde-li k manifestaci diplopie znamená to, že vyšetřovaný není schopen obnovit binokulární vjem za pomoci fúznívergence. Jestliže by viděl sloupec písmen jednoduše ale rozmazaně, znamenalo by to, že vyšetřovaný používá akomodační vergenci ke kompenzaci nedostatku ve fúznívergence a takto dochází k restauraci bifoveální fixace.

Chybou by bylo provádět toto měření u osob, které nejsou schopny fúze (syntézy vjemů z obou očí). Jsou to případy, kdy dochází k supresi vjemu jednoho oka (např. u střední a těžké tupozrakosti, konstantního strabismu). V těchto případech bychom naměřili abnormálně zvýšené hodnoty VF, avšak nejednalo by se o VF, jelikož za těchto okolností není třeba realizovat vergenční pohyby očí k docílení jednoduchého vjemu. [3, 6, 10]

4 NESTRABICKÉ BINOKULÁRNÍ PORUCHY

V předkládané kapitole pojednáno o nestrabických poruchách BV. Mohou to být jednak poruchy akomodační, které ovlivňují i vergenční systém a tedy BV. Dále poruchy svalové rovnováhy okoohybných svalů – heteroforie, to jsou skryté okoohybné odchylky, které na první pohled nejsou zjevné na rozdíl od šilhání (heterotropie). Fúze je zde udržena zvýšeným úsilím okoohybných svalů, fúzní vergencí. Jsou-li tyto skryté odchylky dekompenzované, mohou působit problémy nebo být příčinou vyhýbání se činností, při kterých se problém projevuje.

O prevalenci akomodačních a nestrabických binokulárních poruch nemáme zcela jasné informace. K závěru o nedostatku náležitých epidemiologických studií dospěla studie Cacho-Martínez et al., která srovnávala 670 prací z let 1986 – 2009. Obzvláště široký rozsah prevalence byl u insuficience akomodace od 2 do 61,7 % a insuficience konvergence od 2,25 do 33 %. Publikace [10] popisuje A-V disfunkce jako běžné klinické stavy. Číselné údaje v ní uvedené jsou z let do roku 1997, tedy pravděpodobně jsou také zahrnuty ve studii Cacho-Martínez. [4]

4.1 Dysfunkce akomodace

Tyto dysfunkce jsou celkem běžné. Nejčastěji se setkáme s insuficiencí akomodace, následuje ji akomodační nesnadnost, pak exces akomodace a akomodační ochablost.

4.1.1 Insuficience akomodace

Typickým znakem této nejčastější alterace akomodace je snížená hodnota AA oproti normě pro daný věk jedince. Symptomy jsou spojeny s prací do blízka: rozmazané vidění, bolest hlavy, astenopie, problémy se čtením, únava a ospalost, neschopnost soustředit se. Pokud nejsou symptomy, pravděpodobně se vyhýbá práci do blízka. Nejčastější je mezi 10. a 25.-30. rokem. Vysoký výskyt je u studentů. Může se pojít s esofoří i s exofoří nebo také s intermitentní exotropií (Rutstein, Daum 1998).

Klinické znaky	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ AA	↓ PRA
↓ MAF (selhává s -)	↓ BAF (selhává s -)
	Odezva ↑ (vyšší plusové hodnoty)

Tab. 4 *Klinické nálezy při insuficienci akomodace*

4.1.2 Akomodační nesnadnost

Poměrně častá alterace akomodace, která se vyznačuje obtížemi při změně úrovně akomodace. Vyznačuje se symptomy jako přechodné rozmazané vidění při změně pohledu z dálky do blízka a naopak, dále bolest hlavy a očí, astenopie, problémy se čtením, únava a ospalost. Pokud nejsou symptomy, vyhýbá se práci do blízka?

Klinické znaky	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ MAF (selhává s + i s -)	↓ PRA i NRA
	↓ BAF (selhává s + i y -)

Tab. 5 *Klinické nálezy při akomodační nesnadnosti*

4.1.3 Exces akomodace

Málo častá alterace akomodace. Akomodační odezva na daný stimul je zde mnohem větší než normální hodnota nebo je zde nedobrovolná tendence udržovat zapojenou akomodaci i bez přítomnosti stimulu k ní. Symptomy jsou převážně spojeny s prací do blízka: rozmazané vidění po čtení, bolest hlavy a očí, astenopie, diplopie, problém zaostřit z dálky do blízka, jedinec uvádí časté změny brýlí kvůli nepohodlí. Exces akomodace se často pojí s esofoří, esotropií a hypermetropií. Může být také sekundárním jevem vysoké exo odchylky např. insuficience konvergence. Může se objevit z čista jasna, být konstatní nebo intermitentní. Obvykle vymizí po farmakologické léčbě cykloplegiky. Exces akomodace může vést až ke spasmu reflexu do blízka (zablokování akomodace, miózy a konvergence), což je vzácná a vážná alterace.

Klinické znaky	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ MAF (selhává s +)	↓ NRA
Možná pseudomyopie	↓ BAF (selhává s +)
	Odezva ↓ (mínusové hodnoty)

Tab. 6 *Klinické nálezy při excessu akomodace*

4.1.4 Akomodační ochablost

Bývá taktéž nazývána únavou akomodace. Tuto alteraci můžeme považovat jako krok před insuficiencí akomodace (IA). Symptomy jsou stejné jako u IA, ačkoli ne tak vážné. Hodnota AA je zde v normě, ale klesá s dalším opakujícím se měřením. [17]

4.2 Vergenční dysfunkce

Nestabické poruchyvergence diferencujeme na základě AC/A poměru, na základě vztahu mezi forií do dálky a forií do blízka a základě výsledků dalších testů. Dysfunkce s nízkým AC/A poměrem jsou insuficience konvergence a insuficience divergence. S vysokým AC/A poměrem pak exces konvergence a exces divergence. U základní esofovie, základní exofovie a dysfunkce fúznívergence nacházíme AC/A poměr v normě.

4.2.1 Insuficience konvergence, insuficience divergence

Tyto dysfunkce mají AC/A poměr nízký, tzn. $< 3/1$ pD/D. Insuficience konvergence (IC) je uváděna jako nejčastější poruchavergence. Častěji se vyskytuje u žen než u mužů, v poměru 3:2. Často se vyskytuje v předškolním věku. Insuficience divergence (ID) je naopak jedna z méně častých nestrabických binokulárních poruch. [1, 17]

Insuficienci konvergence definuje exofovie do blízka a ortoforie nebo nízká exofovie do dálky (příčemž rozdíl ve foriích dálka - blízko je větší než 8 pD). Dále je zde blízký bod konvergence vzdálený víc než 10 cm a snížená pozitivní fúznívergence do blízka. Nemá spojitost s refrakční vadou. Odchylka do blízka může být až tropie a to intermitentní nebo konstantní. Symptomy jsou spojeny s prací do blízka nebo čtením. Klasicky diskomfort, bolest hlavy, rozmazané vidění, občasná diplopie, plovoucí písmena, ospalost, ztráta koncentrace, ... Nepřítomnost symptomů může být způsobena

supresí, vyšším prahem citlivosti na bolest, odbouráním činností do blízka či okluzí jednoho oka při čtení.

Klinické znaky snížené pozitivní fúznívergence do blízka	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ PFR	↓ NRA
↓ VF (selhává s BT)	↓ BAF (selhává s +) (Odezva ↓ (mínusové hodnoty))

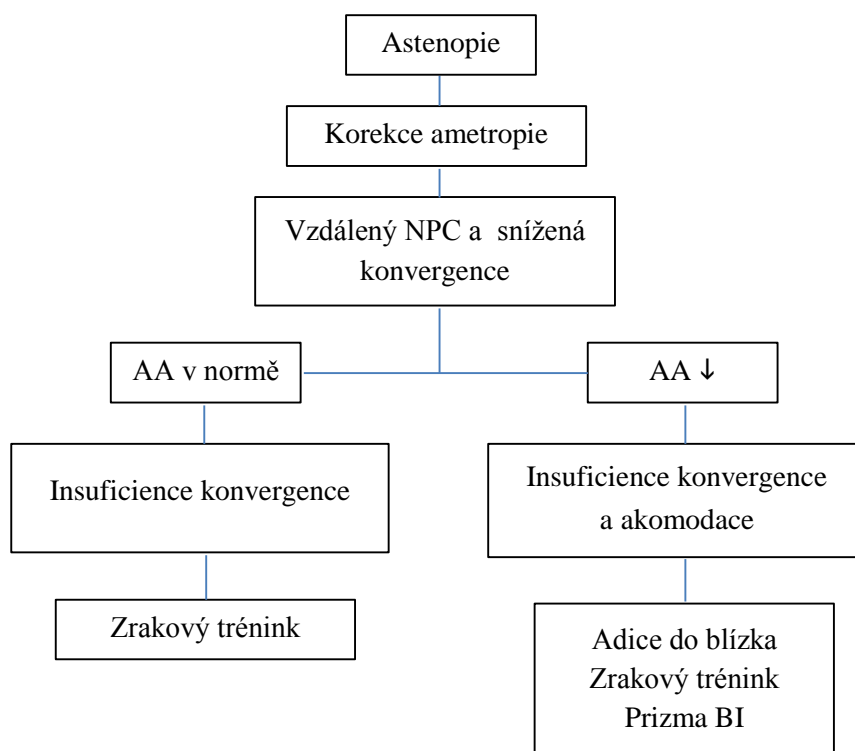
Tab. 7 *Klinické nálezy při insuficienci konvergence*

Pokud se navíc k IC připojí sekundární exces akomodace, naměříme ↓ MAF (selhává s +). Pokud se k IC připojí insuficience akomodace, naměříme ↓ MAF (selhává s -), ↓ PRA, ↓ AA. Nejlepším řešením IC je zrakový trénink, kde je třeba trénovat PFV.

Insuficienci divergence definuje esoforie do dálky a nízká esoforie do blízka (rozdíl ve foriích dálka - blízko je 8 až 10 pD). Vyznačuje se sníženou negativní fúznívergence do dálky. Nepojí se s hypermetropií a je-li ametropie, tak je minimální. Odchyłka do dálky může být až tropie intermitentní nebo konstantní. Mezi symptomy patří intermitentní diplopie do dálky s pozvolným nástupem, bolest hlavy, točení hlavy, nevolnost, únava očí, obtížné ostření blízko - dálka. Příznaky se zostrují s únavou. Nejlepším řešením je prizma BT.

Klinické znaky snížené negativní fúznívergence do dálky	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ NFR	neexistují

Tab. 8 *Klinické nálezy při insuficienci divergence*



Obr. 7 Diferenciace mezi insuficiencí konvergence a insuficiencí konvergence a akomodace [17]

4.2.2 Exces konvergence, exces divergence

Dysfunkce s vysokým AC/A poměrem (okolo 7/1 pD/D). Exces konvergence je jednou z nejčastějších nestrabických binokulárních poruch. Exces divergence je málo častá nestrabická binokulární porucha. Častější je výskyt u žen.

Exces konvergence se vyznačuje esofoří do blízka, ortoforií nebo nízká esofoří do dálky (rozdíl ve foriích dálka - blízko je větší než 10 pD) a sníženou negativní fúzní vergencí do blízka. Může se pojít s hypermetropií. Odchylna do blízka může být až intermitentní nebo konstantní tropie. Symptomy jsou spojeny s prací do blízka nebo čtením. Klasicky diskomfort, bolest hlavy, rozmazané vidění, občasná diplopie, plovoucí písmena, ztráta koncentrace,... Nepřítomnost symptomů může být způsobena supresí, vyšším prahem citlivosti na bolest, odbouráním činností do blízka či okluzí jednoho oka při čtení.

Klinické znaky snížené negativní fúznívergence do blízka	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ NFR	↓ PRA (diplopie)
↓ VF (selhává s BN)	↓ BAF (selhává s -) (Odezva ↑ (plusové hodnoty))

Tab. 9 *Klinické nálezy při excessu konvergence* [17]

Exces divergence (ED) charakterizuje výrazně vyšší exoforie do dálky než exoforie do blízka (rozdíl 10 až 15 pD). PFV jsou zde v normě. Tato dysfunkce bývá také popisována jako intermitentní exotropie do dálky s kompenzovanou exoforií do blízka. V 50 % případů se objevuje taktéž vertikální odchylka. Pojí se s myopií a anizometrií. Jedinec si obvykle nestěžuje na symptomy, může uvádět občasnou diplopii, nebo rozmazané vidění do dálky, ale převážně je toto eliminováno supresí. Nejčastějším a to objektivním znakem ED je neestetické odchýlení jednoho oka. Dalším znakem je fotofobie. [7]

4.2.3 Základní esoforie, základní exoforie, dysfunkce fúznívergence

Tři níže popsané alterace BV patří do skupiny dysfunkcí s normálním AC/A poměrem. Základní exoforie se vyskytuje o něco častěji u žen než u mužů.

Základní esoforie je dána zvýšenou tonickou vergencí. Velikost esoforie do dálky a esoforie do blízka je srovnatelná (rozdíl do 5 pD). Negativní fúznívergence je redukována do dálky i do blízka. Tato dysfunkce je často spojena s hipermetropií. Odchylka může být forie nebo intermitentní strabismus. Symptomy jsou spojené jednak s prací do blízka a také rozmazané vidění a diplopie do dálky.

Klinické znaky snížené negativní fúznívergence do blízka	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ NFR	↓ PRA (diplopie)
↓ VF (selhává s BN)	↓ BAF (selhává s -) (Odezva ↑ (plusové hodnoty))

Klinické znaky snížené negativní fúznívergence do dálky	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ NFR	neexistují

Tab. 10 *Klinické nálezy při základní esoforii*

Základní exoforie je popsána sníženou tonickou vergencí. Velikosti exoforie do dálky a exoforie do blízka jsou srovnatelné (rozdíl do 5 pD). Pozitivní fúzní vergence je redukována v obou vzdálenostech. NPC může být vzdálen. Je-li spojena s myopií, dojde její korekcí ke snížení exoforie. Odchylka může být manifestní nebo latentní. Ze třech exo odchylek které jsme si jmenovali je u základní exoforie nejvíce častý přelom do konstantního strabismu (16 %). (Pro srovnání u insuficiencí konvergence dochází ke konstantnímu strabismu ve 2 %, u excessu divergence v 1%). Symptomy jsou spojené s prací do blízka a taktéž rozmazené vidění a diplopie do dálky. Může být i bez symptomů.

Klinické znaky snížené pozitivní fúzní vergence do blízka	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ PFR	↓ NRA ↓ BAF (selhává s +) (Odezva ↓ (mínusové hodnoty))
Klinické znaky snížené pozitivní fúzní vergence do dálky	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ PFR	neexistují

Tab. 11 *Klinické nálezy při základní exoforii*

Dysfunkce fúzní vergence vykazuje forie v mezích normy. Sníženy jsou jak pozitivní, tak negativní fúzní vergence do dálky i blízka. Táhne k centrální supresi. Nesouvisí významně s refrakční vadou. Symptomy jsou spojeny s prací do blízka nebo čtením. Může být i bez symptomů, když se vyhýbá těmto činnostem.

Klinické znaky snížené pozitivní a negativní fúzní vergence	
Měření přímá	Měření nepřímá
↓ PFR d i b, ↓ NFR d i b	↓ NRA, ↓ PRA
↓ VF	↓ BAF (selhává s + i s -) MAF a AA v normě

Tab. 12 *Klinické nálezy při dysfunkci fúzní vergence*[17]

4.3 Paralýza akomodace, paralýza konvergence

Jedná se o alterace patologického původu, ne příliš častého výskytu. Paralýza akomodace může být jednostranná nebo oboustranná, obvykle je získaná. Nástup může

mít náhlý nebo postupný. Je původu infekčního, následkem léčiv nebo toxinů. Můžeme se s ní potkat také při chřipce nebo diabetu. Vždy se léčí základní onemocnění. Paralýza konvergence může být znakem léze v centrálním nervovém systému. Obvykle má náhlý nástup a symptomy podobné insuficienci konvergence. Obě tyto situace vyžadují odeslání do lékařské péče. [1, 19]

4.4 Řešení nestrabických binokulárních poruch

K řešení nestrabických binokulárních poruch přistupujeme z cílem zmírnit symptomy a také s cílem předejít přehoupnutí heteroforie do heterotropie. Publikace [7] předkládá následující postup řešení: Odstranit příčinu dekompenzace. Korigovat refrakční vadu. Zrakový trénink. Předepsání prizmat. Odeslání. Přičemž postup řešení nemusí jít nutně v tomto pořadí, v některých případech to ani není možné. Za okolnosti nedávného zranění hlavy či za předpokladu patologie, je odeslání do lékařské péče první krok. Odstranění příčin dekompenzace tzn. faktorů vedoucích ke stresu zrakového systému, může být prvním a zároveň dostačujícím řešením. Zde je zcela na místě informace o ergonomii vidění, pokud čelíme případu dlouho trvající práce na příliš krátkou pracovní vzdálenost za nevhodných světelných podmínek. Taktéž v mnoha případech vede ke kompenzaci heteroforie samotná korekce vady. Tady korekce vyřeší abnormální akomodaci, která byla ve stavu bez korekce, a skrz AC/A poměr pomůže i konvergenci. Taktéž ostrý obraz přispívá k fúzi. Dalšími kroky při přetrvávání dekompenzace je modifikace korekce, zrakový trénink nebo prizmata. Korekci modifikujeme způsobem adice (do plusu), adici do mínusu pak nazýváme antikorekcí. Takováto úprava korekce je vhodná při vysokém AC/A poměru, kdy touto úpravou docílíme požadované změny ve vergenci. Např. při AC/A poměru 6/1 docílíme adicí + 1,0 D změny v akomodační konvergenci 6 pD. K tréninku přistupujeme po korekci refrakce nebo v případě, kdy není významná refrakční vada. Všeobecně trénink vykazuje dobré výsledky, avšak úspěšnost závisí případ od případu. Velkou roli hraje motivace klienta, která vzrůstá s mírou symptomů, potažmo přístup ke cvičení. Důležitá je kvalita cvičení ne kvantita. Předpokladem je určitá míra inteligence pro pochopení testu, co přesně se po cvičícím člověku požaduje. Zrakový trénink se hodí zejména pro trénink vegenčních disfunkcí, protože může zvýšit schopnost fúzní vergence. Dá se aplikovat na jakoukoli vergenční disfunkci, nicméně se zdůrazňuje větší význam při řešení exoforie

než esoforie, protože PFV se trénuje snadněji než NFV. Přesný typ cvičení odvisí od konkrétního typu heteroforie. Není-li trénink možný nebo nepřináší-li výsledky, přistoupíme k řešení prizmaty. Prizma nespraví abnormalitu jako takovou, pouze ulehčí situaci. Korekční prizma je vždy slabší než naměřená disociovaná forie, jelikož postačuje takové prizma, které odbourá dekompenzaci systému. Obvykle je použita hodnota asociační forie změřená na Mallettově testu. [7]

Obecná strategie řešení akomodačních dysfunkcí je v podstatě podobná. Začíná nejprve korekcí ametropie. Dále je použití adice do blízka a zrakový trénink. Konkrétně u insuficience akomodace trénujeme stimulaci akomodace, u excesu akomodace relaxaci akomodace, u akomodační nesnadnosti pak stimulaci i relaxaci. Pokud u akomodační nesnadnosti není zájem trénovat nebo se nemůže trénink dokončit, či nedává-li kýžené výsledky, můžeme taktéž přistoupit k řešení adicí do blízka. [17]

Dysfunkce	1. volba řešení	Alternativní řešení
Insuficience akomodace	Adice	Zrakový trénink
Akomodační nesnadnost	Zrakový trénink	---
Exces akomodace	Zrakový trénink	---
Akomodační ochablost	Adice	Zrakový trénink
Insuficience konvergence	Zrakový trénink	Prizma
Insuficience divergence	Prizma	Zrakový trénink
Exces konvergence	Adice	Zrakový trénink
Exces divergence	Zrakový trénink	Adice
Základní esoforie	Zrakový trénink a adice	Prizma
Základní exoforie	Zrakový trénink	Adice, prizma
Dysfunkce FV	Zrakový trénink	---

Tab. 13 *Doporučená řešení A-V poruch* [17]

4.4.1 Využití akomodačního a vergenčního flipru ve zrakovém tréninku

Zrakový trénink využívá velké množství jednotlivých technik cvičení. Tato kapitola by chtěla okrajově zmínit techniky, při kterých se používá vergenční a akomodační flipr jakožto pomůcky nejen diagnostické, ale i terapeutické.

Technika binokulárního akomodačního flipru

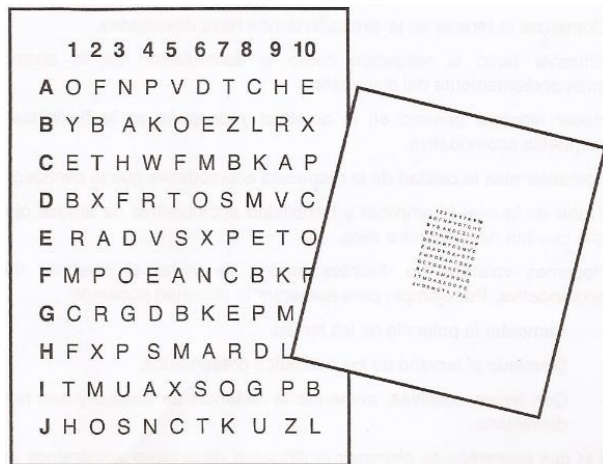
Používá se flipr ± 2 D. Nicméně na začátku cvičebního programu použijeme nižší hodnoty předkládaných čoček. Postupným přidáváním se cviky stávají náročnějšími. Pro dobrý pocit z tréninku a vytrvání v něm musí mít i cvičící dobrý pocit, že zvládl například nižší úroveň daného testu. Binokulárním fliprem se zlepšují fúznívergence a akomodační snadnost. Publikace [7] doporučuje takto trénovat s použitím Mallettova testu s kontrolou suprese.



Obr. 7 Zrakový trénink za použití akomodačního flipru
(s kontrolou suprese pomocí anaglyfických brýlí a pruhů překrývajících text) [22]

Technika alternace dálka – blízko

Tato technika se používá pro procvičení akomodace a konvergence. Spočívá ve střídání fixace předmětu v dálce a v blízké vzdálenosti. Rozšířené je používání Hartových karet, viz Obr. 8. Změnou vzdálenosti se cvičení ulehčuje nebo činí náročnějším. [10]



Obr. 8 Hartovy karty pro trénink akomodace [2]

Technika prizmatického „kolébání“

Podobně se používá také vergenční flipr. Použitím vergenčního flipru procvičujeme fúzní rezervy a vergenční facilitu. Cvičení se znároční použitím menšího fixačního předmětu. [2, 10]

5 MOŽNOSTI KOREKCE REFRAKČNÍ VADY

Nejčastější a základní korekční pomůckou jsou brýle. Avšak stále více jsou používány kontaktní čočky (měkké). Možnosti řešení refrakční vady refrakční operací nebo ortokeratologií nejsou v našem prostředí natolik rozšířené, proto se jimi ani v této kapitole dále nebudeme zabývat.

Následující text srovnává korekci brýlemi a korekci kontaktními čočkami, jenž budou v dalším kroku porovnány prakticky.

5.1 Přínosy a limity korekce brýlemi a měkkými kontaktními čočkami

Existují jisté situace, kdy lze pro korekci vady použít pouze brýle nebo pouze KČ (např. větší anizeikonie, keratokonus, ...). Avšak okolnosti úplné kontraindikace jedné z těchto korekčních pomůcek se vyskytují spíše ojediněle. Běžně si myop, resp. člověk s ametropií, sám zvolí, jakou korekční pomůcku chce používat. Stále se rozšiřující nabídka kontaktních čoček na našem trhu poskytuje korekci i pro případy dříve kontaktními čočkami nekorigovatelné (např. torické KČ nabízí více os i hodnot cylindru). Díky tomu se KČ stávají rovnocennými konkurenty k brýlové korekci.

U většiny dále popisovaných, ať už optických či jiných, vlastností nehraje roli, zda se jedná o měkkou nebo pevnou KČ. Zejména podkapitola 5.1.3 Rizika je však zaměřena na měkké KČ.

5.1.1 Optické rozdíly

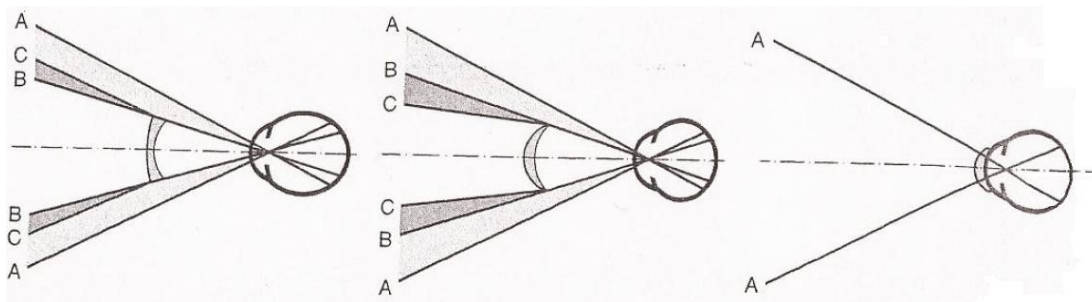
KČ přináší nositelům celou řadu výhod, zejména optických. Mezi přínosy KČ co do kvality vidění patří: lepší zraková ostrost [8], lepší kontrastní citlivost [8], neomezené zorné pole brýlovou obrubou, velikost sítnicových obrazů blíží se stavu v emetropii. Dále popisované charakteristiky optického systému oka (změny v akomodaci a vergenci) přinášejí výhody buď při korekci myopie, nebo hypermetropie a to za určitých dalších situací.

Velikost sítnicových obrazů

Posunem korekční pomůcky blíže k oku resp. při změně korekční pomůcky z brýlí na KČ, dochází k zvětšení (zmenšení) velikosti sítnicových obrazů u myopie (hypermetropie). Korekce KČ může u hypermetropie, díky tomuto zmenšení sítnicového obrazu, vést ke zhoršení zrakové ostrosti, což může být bráno jako jistá nevýhoda, nicméně díky srovnání velikosti obrazů u např. anizometropie mohou být tyto obrazy snadněji sfúzovány. KČ pomáhají např. v případě anizeikonie u astigmatismu, kdy je anizeikonie $> 2,5\%$ jen v jednom meridiánu. Konkrétní příklad korekce OD: $+3,0 -2,0$ ax 90° , OS: $+5,0 -0,50$ ax 90° . Ve vertikálním meridiánu bude anizeikonie 2% , v horizontálním meridiánu $3,5\%$. [9]

Zorné pole

Bez ohledu na to jakou ametropii bereme v úvahu, dojde při změně z brýlí na KČ ke srovnání velikosti zorného pole (ZP) na stejnou velikost jako u emetropie. Tento efekt je zřetelnější s vyšší ametropií. [9]



a) Korekce rozptylnou BČ

B-B: ostré ZP

B-C: dvojitý obraz

A-C: neostré ZP

b) Korekce spojnou BČ

C-C: ostré ZP

B-C: skotom

B-A: neostré ZP

c) Korekce KČ

A-A: ostré ZP

Obr. 9 Zorné pole s brýlovou korekcí a s korekcí KČ [9]

Vjem většího ZP s korekcí KČ je dáno kombinací několika faktorů: velikostí periferního ZP, velikostí makulárního ZP, redukcí aberací BČ a taktéž nepřítomností onoho okraje rámu brýlové obruby. [11]

Prizmatický efekt

Za brýlovou korekcí se oči pohybují nezávisle na brýlové čočce. Kdežto KČ se pohybuje současně s okem. K prizmatickému efektu dochází při pohledu periferní částí

čočky pouze u korekce brýlemi. U KČ se tím pádem vyhneme problému při rotaci očí ve vertikální směru, kdy u anizometropické brýlové korekce dojde na každém oku k jinému posunu sledovaného objektu. [9, 19]

Akomodace

KČ díky své poloze přímo na rohovce poskytuje zrakové podmínky blíží se emetropickému stavu oka více než korekce brýlemi, které leží v průměrné vzdálenosti 12 mm před okem. Toto se projeví nejen ve změně velikosti sítnicových obrazů a ve velikosti zorného pole ale i ve změně akomodace a konvergence. Myop s korekcí brýlemi akomoduje méně než s korekcí KČ, hypermetrop naopak s brýlemi akomoduje více.

Uvažujeme-li myopa -10 D, čtecí vzdálenost 40 cm a vzdálenost Δ 12 mm bude jeho akomodační úsilí na onu vzdálenost dle teoretického přepočtu +1,94 D. Pro srovnání emetrop, vynakládá na vzdálenost 40 cm akomodační úsilí +2,50 D. Myop z příkladu akomoduje o 0,56 D méně. U hypermetropa +10 D při stejných vzdálenostech bychom vypočetli zvýšení akomodace o 0,60 D.

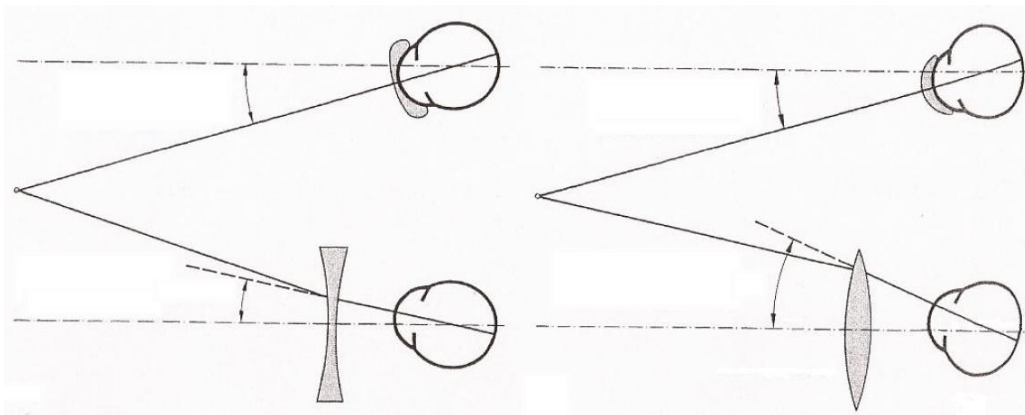
Rozdíl v akomodačním úsilí při různé korekční pomůcce se stává důležitým co do klinických dopadů s nástupem presbyopie. U myopa korigovaného KČ se objeví presbyopické potíže jako u emetropa. Zatímco myop korigovaný brýlemi zpočátku nástupu presbyopie adici do blízka potřebovat nebude. Hypermetrop v tomto období s brýlemi bude potřebovat brýle na čtení, ovšem při korekci KČ nikoliv. Časový horizont je zde asi 1 rok, kdy můžeme šikovně využít volbu korekční pomůcky a předejít tak presbyopickým potížím. [9, 11]

Konvergence

Změna v konvergenčním úsilí je způsobena klínovým účinkem při pozorování blízkého předmětu skrz brýlová skla. Myop s brýlovou korekcí akomoduje méně než s KČ. Hypermetrop s brýlemi akomoduje více než s KČ. Znázorněno na Obr. 10.

Je-li vykazováno jiné akomodační úsilí při změně brýlí za KČ, pak bude také změna v akomodační konvergenci. Myop, který vynakládá větší akomodační úsilí s KČ než s brýlemi, bude taktéž vykazovat větší AC. Pokud má nositel exo odchytku do blízka, pak zvýšená AC tutu exo odchytku sníží a tím sníží i potřebu PFV. Nicméně pokud má nositel eso odchytku do blízka, dojde ke zvýšení esoforie a tedy ke zvýšení potřeby NVF, což může vyústit k očnímu napětí a k nespokojenosti s korekcí. Tento jev může být zaměněn

za nevhodnou aplikaci KČ. U hypermetropie korigované KČ dojde díky menšímu akomodačnímu úsilí i k menší AC, tzn. u nositele s exoforií do blízka se tato exoforie zvětší, u nositele s esoforií do blízka se tato esoforie sníží.



Obr. 10 Rozdíl mezi konvergenčním požadavkem při korekci vady čočkami a brýlemi v případě myopie (vlevo), v případě hypermetropie (vpravo) [9]

Konvergence je u brýlí ovlivněna decentrací. Brýlová korekce je obvykle centrována na PD do dálky, což může pomoci myopovi s exoforií do blízka. Při sledování blízkého předmětu se chová brýlová čočka jako prizma BI a takto sníží exoforii do blízka. Myop s esoforií do blízka přivyklý na prizmatický efekt BI s korekcí brýlemi může do blízka pracovat pohodlněji s korekcí KČ, kdy by na základě nepřítomnosti prizmatického účinku u KČ mělo dojít ke snížení požadavku na NFV.

Uvažujeme-li kombinaci efektu akomodace a AC a efektu decentrace, zjistíme, že výsledný požadavek na FV se změní málo. Zmíněné efekty mají tendenci se vzájemně vyrušit. Uvedli jsme si příklad exoforického myopa u kterého dojde k snížení použití FV do blízka kvůli zvýšení akomodace s KČ ale zároveň bude muset použít více FV do blízka protože u korekce KČ postrádá BI. Podobně se negují tyto efekty u esoforického myopa, exoforického a esoforického hypermetropa. [11]

5.1.2 Estetické a praktické rozdíly

Častým důvodem pro volbu korekce KČ nejsou ani tak důvody optické jako spíše důvody estetické (kosmetické) a důvody praktické. Zejména to, že kontaktní čočky nemění vzhled obličeje a u myopie (hypermetropie) nezmenšují (nezvětšují) oko z hlediska vnějšího pozorovatele na rozdíl od brýlové korekce. Zde není popisováno nic jiného než opět optické zobrazení brýlovou čočkou, avšak z jiného (kosmetického)

hlediska. Taktéž větší zorné pole s korekcí KČ (opět optický rozdíl), které je nositeli kladně hodnoceno zejména pro sportovní aktivity, může být takto vnímáno na základě praktického využití. Zcela praktickou výhodou je, že KČ „osvobozují“ v aktivitách, které by brýlová korekce limitovala, taktéž se nezamlžují v zimním období při přechodu z venkovního prostředí do místnosti. Brýlová korekce v estetice nezaostává a s výhodou může být použita jako módní doplněk.

5.1.3 Rizika

Je třeba zmínit, že s nošením KČ jsou spojena rizika daná tím, že KČ plave v slzném filmu a je v těsném kontaktu s okem a okolními strukturami jakožto cizí tělísko ovlivňující fyziologii oka (zejména slzný film a metabolismus rohovky). Brýlová korekce neovlivňuje přední segment oka a nevyžaduje žádnou speciální péči v podobě čistících a uchovávacích roztoků.

5.1.4 Kvalita života

Ačkoli dle dotazníkové studie Queiróse et al. uvádí respondenti spokojenost s korekcí brýlemi i čočkami, je výsledkem této studie statisticky významné snížení kvality života spojeného s viděním u brýlí o 15,8 %, u KČ o 17,3 % oproti emetropii. (Jiné výsledky pak vykazují LASIK a ortokeratologie.) Co do kvality života jsou, kromě oslnění a fluktuací během dne, KČ (měkké KČ a ortokeratologické) hodnoceny srovnatelně nebo lépe než brýle. [16]

6 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část představuje provedený výzkum, který se zaměřoval na porovnání akomodační a vergenční facility s brýlovou korekcí a s korekcí kontaktními čočkami.

Podnětem pro tento výzkum bylo dřívější experimentální zjištění vyšších hodnot AA u myopie korigované brýlemi v porovnání s korekcí kontaktními čočkami. Naskýtala se otázka, zda se při použití jiné korekční pomůcky mění i další veličiny akomodace avergence, jak se mění a jakým způsobem by se tohoto dalo případně využít v praxi. Předkládaná výzkumná část práce, právě toto zjišťovala. Sledovány byly hodnoty vergenční facility, monokulární akomodační facility a binokulární akomodační facility.

6.1 Cíle

Cílem studie bylo porovnat hodnoty AF a VF u korekce myopie brýlemi a kontaktními čočkami. Záměrem bylo zjistit, zda existují rozdíly v těchto hodnotách, pokud ano, jsou-li statisticky nebo alespoň klinicky významné a srovnat naše výsledky se studií Jiméneze et al. provedené na univerzitě v Granadě. Předpokládali jsme změny akomodačního a binokulárního systému při jiné korekční pomůcce tzn. jiné hodnoty pro brýle a jiné pro čočky.

Účelem studie bylo taktéž prozkoumat, zda je rozdíl námi sledovaných veličin závislý na stupni refrakční vady. Předpokládali jsme větší rozdíly u vyšších dioptrií.

6.2 Soubor testovaných osob

Celkem bylo proměřeno 47 osob. Ve všech případech se jednalo o myopy mladší 30 let. Do studie byly zahrnuty výsledky **34 osob**. 13 osob nebylo zařazeno, z těchto důvodů: v jednom případě těžká tupozrakost, ve dvou případech kontraindikace KČ, jedno odstoupení z účasti ve výzkumu, u dvou probandů vyšší cylindry, dále nedosažení srovnatelného vízu s KČ ve třech případech a nestabilní výsledky ve čtyřech případech.

Průměrný věk myopů analyzovaného souboru byl **23,53** let ($SD = 2,15$), s minimem 20, maximem 29. Korekce se pohybovala ve sféře od $-0,25$ do $-7,0$ D, průměr $-3,07$ ($SD = 1,67$), v cylindru pak $-0,25$ až $-2,25$ D, průměr $-0,52$ ($SD = 0,40$). Monokulární SE byl v rozmezí $-0,50$ až $-7,25$ D, průměr $-3,25$ ($SD = 1,66$).

6.3 Metodika

Testování probíhalo ve vyšetřovně optometrie na katedře optiky PŘF UP v Olomouci v období od prosince 2013 do března 2014.

Před samotným měřením byli probandi informováni o cílech a průběhu studie a taktéž o rizicích účasti. Podepsali informovaný souhlas s dobrovolnou účastí na výzkumné studii. Kritériem pro výběr účastníků výzkumu byl věk od 18 do 30 let, aby schopnost akomodace nebyla ovlivněna fyziologickým poklesem u starších jedinců, dále přítomnost alespoň malé refrakční vady, absence očních patologií ovlivňující refrakci a patologií předního segmentu oka, které neumožňují aplikaci kontaktních čoček. Účastník musel být schopen fúze (syntézy) vjemů z obou očí.

Měření jak s korekcí brýlemi tak s KČ probíhalo v jeden den. Aby se předešlo ovlivnění druhého měření prvním. Byla polovina probandů měřena nejprve s korekcí brýlemi, následně s KČ a druhá polovina probandů v opačném pořadí. Rozdělení do těchto skupin proběhlo na základě toho, aby byly obě skupiny vyrovnané co do počtu osob a stejného zastoupení stupňů refrakční vady.

V rámci testování byla změřena objektivní a subjektivní refrakce, provedeno kvalitativní vstupní měření a vyměřena vergenční a akomodační facilitita.

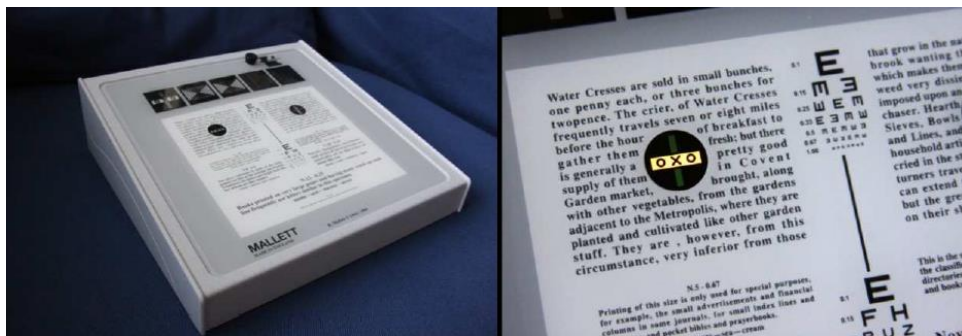
6.3.1 Objektivní a subjektivní refrakce

Objektivní refrakce byla změřena autorefrakto-kerato-tonometrem (NIDEK RKT-7700). Následné stanovení optimální dioptrické korekce refrakční vady (subjektivní refrakce) bylo provedeno metodou maximální plusky, která nezhorší vidění. Fixován byl optotyp ve vzdálenosti 6 m (přes zrcadlo). Zkušební obruba byla centrována na dálku, vzdálenost $\Delta = 12$ mm. Tato centrace pak byla ponechána na všechna další měření. Binokulární vyvážení bylo provedeno Humprisovou metodou.

6.3.2 Vstupní měření

Vstupním měřením, pro pokračování v měření nebo vyřazení z měření, bylo testování vergenční a akomodační facility s použitím vergenčního flipru 3 pD BI/12 pD BO, akomodačního ± 2 D flipru na Mallettově jednotce s polarizačními předsádkami na vzdálenost 40 cm každé po dobu 60 sekund. Toto bylo provedeno pro kontrolu suprese

do blízka. Vyšetřovaný sledoval znaky OXO ve vertikálním směru (tvořily tak sloupec) a zároveň zelené značky. Vždy oznámil spojení sloupce znaků (při předložení prizmatického flipru) nebo zaostření písmene X (při předložení akomodačního flipru) a taktéž zda vidí obě zelené značky současně. Nebyly zde počítány cykly, pouze byla vyhodnocena přítomnost nebo nepřítomnost suprese.



Obr. 11 Mallettův test do blízka [23]

6.3.3 Vergenční facilitita

Vergenční facilitita byla měřena předkládáním prizmatických klínů o hodnotách 12 pD BO a 3 pD BI v podobě vergenčního flipru. Fixačním předmětem byl sloupec pěti znaků situovaný ve vzdálenosti 40 cm od korekčního členu odpovídající vízu 20/30. Vyšetřovaný vždy oznámil spojení rozdvojeného sloupce po změně předloženého prizmatu. Cvičně bylo předem vyzkoušeno, co bude po vyšetřovaném požadováno. VF byla měřena po dobu 30 sekund, celkem třikrát. Následně byla každá naměřená hodnota znásobena dvěma pro zaznamenání v cyklech za minutu.

6.3.4 Akomodační facilitita

Akomodační facilitita byla měřena předkládáním sférických čoček v hodnotách +2 D a -2 D v podobě akomodačního flipru. Stimulem byl text ze standartních tabulek do blízka taktéž umístěný ve vzdálenosti 40 cm odpovídající vízu o jeden řádek větší než nejmenší řádek, který přečte. Ve všech případech se jednalo o řádek vízu 0.8. Vyšetřovaný vždy oznámil zaostření sledovaného textu po změně předkládaných čoček. Cvičně bylo předem vyzkoušeno, co bude po vyšetřovaném požadováno. AF byla měřena po dobu 30 sekund, celkem třikrát a to jak monokulárně s okluzí nevyšetřovaného oka, tak binokulárně.

Taktéž byly všechny naměřené hodnoty vynásobeny dvěma, aby mohly být uvedeny v jednotce cyklů za minutu (cpm).

6.3.5 Kontaktní čočky

V dalším kroku byly aplikovány silikonhydrogelové kontaktní čočky Air Optix Aqua (BC 8.6, DIA 14.2, Lotrafilcon B, obsah vody 33%). Odpovídající dioptrická hodnota byla stanovena přepočtem při změně vzdálenosti korekčního členu. Ve většině případů byl použit SE (u hodnot cyl -0,25, -0,50, -0,75 a -1,0 D), vždy tak, aby bylo s korekcí KČ dosaženo lepšího nebo srovnatelného vízu oproti brýlové korekci. U třech očí byly aplikovány torické kontaktní čočky Air Optix for Astigmatism (BC 8.7, DIA 14.5, Lotrafilcon B, obsah vody 33%).

Po 20 minutách adaptace byla změřena vergenční a akomodační facilitata s aplikovanými kontaktními čočkami stejným postupem jako u brýlové korekce.

6.3.6 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení získaných dat bylo provedeno v programu Excel pomocí Analýzy dat. Byl použit Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu se zamítnutím rovnocennosti modelů při p hodnotě menší než 0,05. Závislost rozdílů naměřených hodnot mezi brýlemi a KČ na stupni refrakční vady byla sledována pomocí korelačního koeficientu.

6.4 Výsledky

Vždy tři naměřené hodnoty u každého parametru – vergenční facilitata (VF), monokulární akomodační facilitata pravého oka (AF_{OD}), monokulární akomodační facilitata levého oka (AF_{OS}) a binokulární akomodační facilitata (BAF) byly zprůměrovány a zaznamenány. Výsledné průměrné hodnoty sledovaného souboru a směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 14. Počet subjektů pro vyhodnocení VF byl 30, pro vyhodnocení AF 32.

Z tabulky jsou patrné vyšší hodnoty vergenční facility s korekcí KČ 19,00 cpm oproti vergenční facilitě s korekcí brýlemi, která byla 17,73 cpm. Monokulární akomodační facility u pravého i levého oka se liší minimálně. Binokulární akomodační

facilita s KČ byla 13,46 cpm, s brýlovou korekcí pak 14,02 cpm. Rozdíly ve sledovaných veličinách byly stanoveny odečtením hodnoty naměřené s korekcí KČ od hodnoty naměřené s brýlovou korekcí. Hledané rozdíly v průměru činily **-1,27 cpm** (SD = 3,59) u vergenční facility, **0,23 cpm** (SD = 2,20) u monokulární akomodační facility pravého oka, **-0,54 cpm** (SD = 2,63) u monokulární akomodační facility levého oka a **0,56 cpm** (SD = 2,71) u binokulární akomodační facility. Záporná hodnota rozdílu znamená vyšší hodnoty s KČ, kladná pak vyšší hodnoty u brýlové korekce. Tyto rozdíly však nejsou klinicky významné.

Parametr	Brýlová korekce	Korekce KČ	p
VF	17,73 (5,79)	19,00 (6,36)	0,07
AF_{OD}	16,25 (4,83)	16,02 (5,02)	0,56
AF_{OS}	16,23 (4,62)	16,77 (5,12)	0,25
BAF	14,02 (5,13)	13,46 (5,47)	0,25

Tab. 14 *Výsledky provedené studie v cpm, směrodatná odchylka je uvedena v závorce*

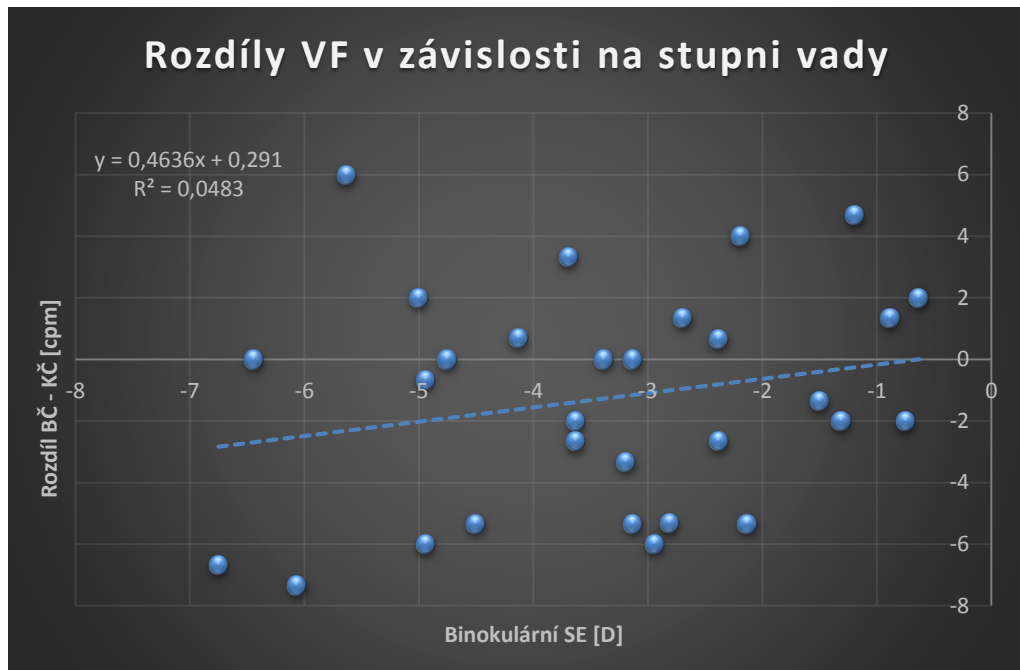
Z hodnot p provedeného t-testu uvedených v tabulce 14 vidíme, že u sledovaného souboru se neprokázal statisticky významný rozdíl ve vergenční ani v akomodační facilitě při srovnání korekce brýlemi a korekce KČ. Avšak největší posun byl zaznamenán u vergenční facility s hodnotou $p = 0,07$.

Závislost rozdílu mezi hodnotami naměřenými s brýlemi a hodnotami naměřenými s čočkami na stupni refrakční vady se ukázala jako velmi slabá, statisticky nevýznamná a to pouze u vergenční facility a binokulární akomodační facility. Hodnoty korelačních koeficientů pro jednotlivé parametry a hladiny významnosti těchto koeficientů jsou uvedeny v tabulce 15. Pro lepší názornost jsou závislosti vyneseny v grafech 1-4.

Parametr	Korelační koeficient	Hladina významnosti
VF	0,22	0,24
AF_{OD}	0,05	0,80
AF_{OS}	-0,004	0,98
BAF	-0,32	0,07

Tab. 15 *Korelace rozdílu BČ-KČ na stupni refrakční vady*

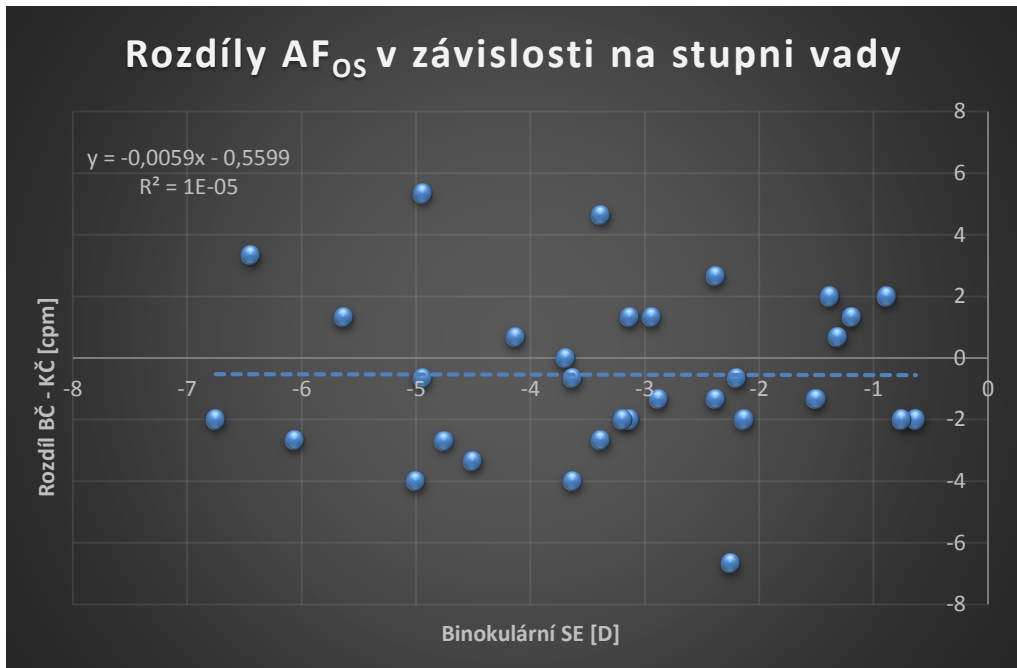
Velikost myopie v grafu roste ve směru zprava doleva. Body zanesené v grafickém znázornění nesou informaci o rozdílu v počtu cyklů za minuty jednotlivých sledovaných veličin. Opět záporná hodnota rozdílu znamená vyšší hodnoty s KČ, kladná pak vyšší hodnoty u brýlové korekce.



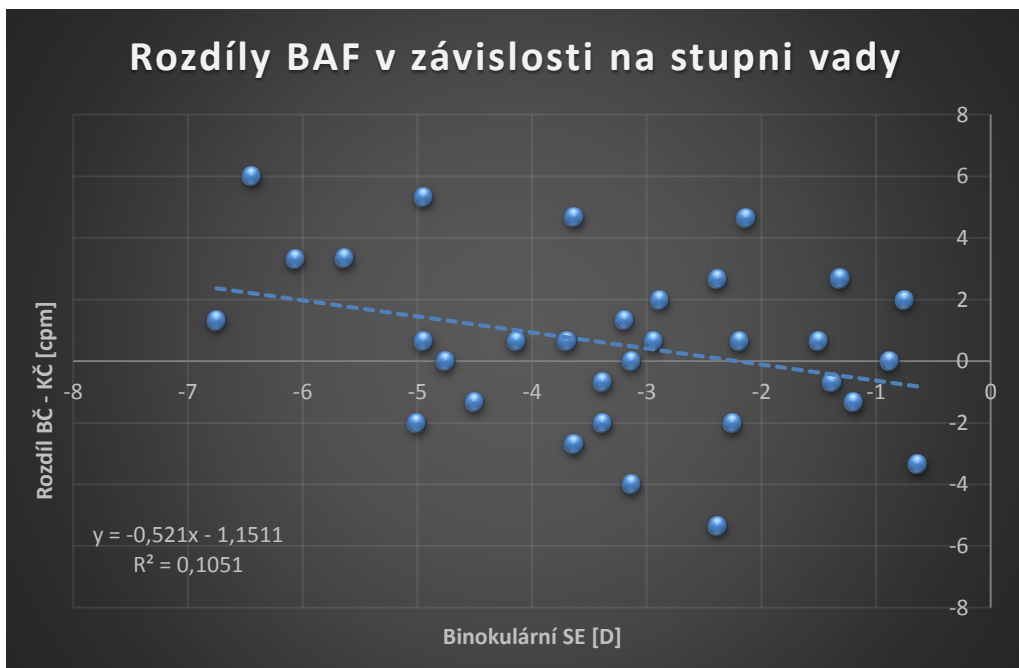
Graf 1 Rozdíly VF v závislosti na stupni refrakční vady



Graf 2 Rozdíly AF pravého oka v závislosti na stupni refrakční vady



Graf 3 Rozdíly AF levého oka v závislosti na stupni refrakční vady



Graf 4 Rozdíly BAF v závislosti na stupni refrakční vady

6.5 Diskuse

Z naměřených hodnot se ukázal jako vhodně zvolený postup začínat u poloviny probandů s měřením s brýlovou korekcí a poté provést měření s KČ a u druhé poloviny v opačném pořadí, pokud měříme obě tato měření v jeden den. Studie ve většině případů ukázala vyšší hodnoty u v pořadí druhého měření. Může to být vysvětleno silným efektem nacvičení testu, jak uvádí literatura. Tento vliv přetrvával, i když probandi byli už předem zacvičení krátkou ukázkou testu. Na druhou stranu zvolená metoda měření během jednoho dne mohla vést k navýšení směrodatné odchylky a to mohlo ovlivnit statistické testy. Tímto byl výzkum limitován.

Ačkoli literatura uvádí, že není při testování VF potřeba kontrola suprese, byl při vstupním měření na Mallettově testu s polarizačními předsádkami zjištěn výskyt suprese u čtyř probandů. Při měření AF, kde je naopak test s kontrolou suprese doporučovaný, se v naší sledovaném souboru suprese nevyskytla.

Měření AF a VF má být nápomocno v diagnostice binokulárních akomodačních poruch. Prevalence těchto poruch není obecně zcela proměřena. Zde je místo pro diskusi nad vyřazenými vzorky z důvodu nestabilních výsledků. Můžeme se domnívat o výskytu alterace BV.

Korelačních grafy naznačují jistou závislost u vergenční facility a také u binokulární akomodační facility. Z grafu 1 vyčteme VF horší (tedy nižší hodnota, méně cyklů) s brýlovou korekcí oproti korekci KČ a to narůstá se zvyšujícím se stupněm vady. Z grafu 4 pozorujeme BAF lepší (vyšší hodnota, více cyklů) s brýlovou korekcí oproti KČ a opět s jistou zvyšující se tendencí s vyšší stupněm myopie. Jelikož u grafů monokulárních funkcí (graf 2 a 3) není ani náznak závislosti, můžeme usuzovat, že akomodace není hybatelem těchto změn v systému. Jistou roli zde bude zřejmě hrát klínový účinek brýlové korekce, případně akomodační konvergence.

Porovnání výsledků naší studie se studií Jiméneze et al. uvádí tabulka 16. Jiménez et al. měřil soubor 30 studentů optometrie. Průměrný věk analyzovaného souboru činil 19 let (SD = 2,4). Stupeň myopie se ve sféře pohyboval od -0,50 do -6,0 D, se střední hodnotou -2,59 D (SD = 1,65). Pro statistické vyhodnocení použil také dvouvýběrový párový t-test. Do sledovaného vzorku nebyli zařazeni jedinci s akomodační nebo binokulární dysfunkcí. Jiménez testy na vzdálenost 40 cm měřil s PD do blízka. Studie se lišila také tím, že Jiménez prováděl měření s brýlemi v jeden den a měření s KČ v jiný den. Nicméně vliv po sobě jdoucích měření jsme měli v naší studii také ošetřený. Obě

studie se shodují ve statisticky nevýznamném rozdílu akomodační a vergenční facility s brýlovou korekcí a s korekcí KČ.

Studie	Kotrncová N=30/32*			Jiménez N=30		
	-3,07 D (SD = 1,67)			-2,59 D (SD = 1,65)		
Parametr	Brýlová korekce	Korekce KČ	p	Brýlová korekce	Korekce KČ	p
VF	17,73 (5,79)	19,00 (6,36)	0,07	15,20 (5,08)	16,07 (4,34)	0,29
AF _{OD}	16,25 (4,83)	16,02 (5,02)	0,56	16,10 (4,66)	15,55 (5,20)	0,47
AF _{OS}	16,23 (4,62)	16,77 (5,12)	0,25	16,46 (4,82)	16,92 (5,88)	0,56
BAF	14,02 (5,13)	13,46 (5,47)	0,25	14,49 (4,60)	13,03 (4,29)	0,06

Tab 16 Výsledky ze studií, které se zabývali VF a AF u brýlí a KČ
(* N = 30 pro vyhodnocení VF, N = 32 pro vyhodnocení AF) [12]

Pro praktické využití studií získaných dat a souvislostí by bylo třeba provést další výzkum. Návrh možné studie by bylo dobré ubírat směrem většího zastoupením vyšších stupňů myopie a zohlednění heteroforií. Za zvážení by stálo použití flipru s nastavitelným PD. V současné studii byl použit akomodační flipr s pevně daným PD, což samozřejmě vedlo k ovlivnění zátěže vergenčního systému a tedy ovlivnění výsledků jisté skupiny probandů (s PD větším a také menším oproti PD flipru).

6.6 Shrnutí

Sledovaný rozdíl u akomodační (monokulární i binokulární) a vergenční facility s korekcí brýlemi a KČ se metodou t-testu v sledovaném souboru neprokázal jako signifikantní.

Korelace naznačují slabé závislosti s rostoucím stupněm vady. Bylo by dobré tyto závislosti a změny v binokulárním systému proměřit v rozšiřující studii, která by se zaměřila na soubor myopů s vyšším stupněm vady.

ZÁVĚR

Správná souhra akomodačních a vergenčních funkcí je důležitá pro pohodlné provádění každodenních činností, ať už je to studium, práce nebo rekreace.

Tato práce popsala akomodační a vergenční facility, co by funkce akomodace avergence. Uvedla kapitoly o způsobu měření těchto veličin a klinické interpretaci. Charakterizovala akomodační a vergenční dysfunkce. Výše uvedeným se snažila o praktické využití hodnot zejména akomodační ale i vergenční facility.

Téma této práce by mělo být podnětem pro čtenáře v osvojení si méně používaných měření a taktéž si doplnit znalosti v praktickém využití naměřených hodnot akomodační a vergenční facility k diferenciatní diagnostice nestrabických binokulárních poruch. Snad tato práce přispěje k rutinnímu vyšetřování binokulární akomodační facility v optometristické praxi.

Práce přináší informace o tom, že nepřítomnost symptomů neznamená nepřítomnost binokulární alterace, která (byť bez povšimnutí) ovlivňuje život onoho člověka (např. nechte). Proto by binokulární alterace neměly zůstat bez povšimnutí, ale měli bychom je umět vyřešit. Je velké množství způsobů jak je řešit ke spokojenosti na obou stranách.

Praktické srovnání akomodační facility s korekcí brýlemi a s korekcí KČ, kterým se zabývala experimentální část práce, ukázalo v námi sledovaném souboru zjištěný rozdíl jako statisticky nevýznamný. Zároveň výsledky z praktické části práce vybízí k dalším studiím v této oblasti.

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] ANTONA, B., BARRA, F., GONZÁLEZ, E., SÁNCHEZ, I., BARRIO, A. R. *Optometría III y IV: Terapia visual, Descripción de las sesiones de prácticas*. Curso 2012-13. Universidad Complutense de Madrid.
- [3] ANTONA, B., BARRA, F., GONZÁLEZ, E., SÁNCHEZ, I., BARRIO, A. *Procedimientos clínicos para la evaluación de la visión binocular*. Netbiblo, S. L., 2009. ISBN 978-84-9745-420-9.
- [4] CACHO-MARTÍNEZ, P., GARCÍA-MUÑOZ, Á., RUIZ-CANTERO, M. T. *Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions?* Journal of Optometry, vol. 03, 2010, num. 04, p 185-197.
- [5] EFRON, N. *Optometry A-Z*. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN-13: 978-0-7506-4913-1 ISBN-10: 0-7506-4913-5.
- [6] ELLIOTT, D. B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 3rd edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 13: 9780750688963.
- [7] EVANS, B. J. W. *Pickwell's Binocular Vision Anomalies*. 5th edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [8] GLOGAROVÁ, L. *Korekce kontaktními čočkami a brýlemi*, bakalářská práce. Olomouc, 2008.
- [9] GOERSCH, H. *Handbook of Ophthalmic Optics*. 2nd edition. Published by Carl Zeiss, Germany, 1991. ISBN neuvedeno.
- [10] GOSS, D. A. *Ocular Accommodation, Convergence and Fixation Disparity: Clinical Testing, Theory & Analysis*. 3rd edition. Optometric Extension Program Foundation Press, 2009. ISBN 978-0-929780-24-5.
- [11] GROSVENOR, T. *Primary Care Optometry*. 5th edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-7575-8 ISBN 10: 0-7506-7575-6.
- [12] JIMÉNEZ, R., MARTÍNEZ-ALMEIDA, L., SALAS, C., ORTÍZ, C. *Contact lenses vs spectacles in myopes: is there any difference in accommodative and binocular function?* Graefe's Archive of Clinical & Experimental Ophthalmology, vol. 249, 2011, issue 6, p 925-935.

- [13] PLUHÁČEK, F. *Analýza a řešení akomodačních poruch*, výukové materiály k předmětu Korekce zraku II. Katedra optiky PřF UP v Olomouci, 2010.
- [14] PLUHÁČEK, F. *Normální binokulární vidění*, výukové materiály. Katedra optiky PřF UP v Olomouci, 2009.
- [15] PLUHÁČEK, F. *Základní vyšetření BV a akomodace*, výukové materiály k předmětu Korekce zraku II. Katedra optiky PřF UP v Olomouci, 2010.
- [16] QUEIRÓS, A., VILLA-COLLAR, C., GUTIÉRREZ, A. R., JORGE, J., GONZÁLEZ-MÉIJOME, J. M. *Quality of Life of Myopic Subjects With Different Methods of Visual Correction Using the NEI RQL-42 Questionnaire*. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*., vol. 38, 2012, issue 2, p 116-121.
- [17] SÁNCHEZ, I. *Alteraciones binoculares no estrabícas: Anomalías de acomodación*, výukové materiály k předmětu Optometría III. Universidad Complutense de Madrid, 2013.
- [18] SCHEIMAN, M., WICK, B. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. 3rd edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN-13: 978-0-7817-7784-1 ISBN-10: 0-7817-7784-4.
- [19] TUNNACLIFFE, A. H. *Introduction to Visual Optics*. 4th edition. England: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 0-9009-928-3.

Internetové zdroje:

[20] <http://www.bernell.com/product/BC11995/1254#>

[21] <http://www.bernell.com/product/SOV9/583>

[22] http://www.desarrollovisual.com.mx/2_servifront.html

Fotodokumentace:

[23] autor: Jan Zemek

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Tabulka vzdáleností testu a hodnot akomodačního flipru doporučených Wickem et al. pro *amplitude-scaled lens rock* testování akomodační facility. [10]

Amplituda akomodace (D)	Vzdálenost testu (cm)	Akomodační flipr (D)
22,25	10,0	± 3,25
20,00	11,0	± 3,00
18,25	12,0	± 2,75
16,75	13,5	± 2,50
15,50	14,5	± 2,25
14,25	15,5	± 2,25
13,25	16,5	± 2,00
12,50	18,0	± 2,00
11,75	19,0	± 1,75
11,00	20,0	± 1,75
10,50	21,0	± 1,50
10,00	22,0	± 1,50
9,50	23,5	± 1,50
9,00	24,5	± 1,50
8,75	25,5	± 1,25
8,25	26,5	± 1,25
8,00	28,0	± 1,25
7,75	29,0	± 1,25
7,50	30,0	± 1,00
7,25	31,0	± 1,00
7,00	32,0	± 1,00
6,75	33,5	± 1,00
6,50	34,0	± 1,00
6,25	35,5	± 1,00
6,00	37,0	± 1,00
5,75	38,5	± 1,00
5,50	40,5	± 0,75
5,25	42,5	± 0,75
5,00	44,5	± 0,75
4,75	47,0	± 0,75
4,50	49,5	± 0,75

Příloha č. 2

Příloha č. 2

Příloha č. 3 Tabulka korelace zjištěných rozdílů (v cpm) na stupni refrakční vady (v D)
 – celý soubor vyšetřovaných osob

SE_{bino}	Rozdíl (BČ - KČ)			
	VF	AF_{OD}	AF_{OS}	BAF
-0,63	2	4,68	-2	-3,34
-0,75	-2	-1,34	-2	2
-0,88	1,34	1,32	2	0
-1,19	4,68	2,66	1,34	-1,34
-1,31	-2	1,32	0,68	2,68
-1,38	---	0,66	2	-0,68
-1,50	-1,34	0	-1,34	0,66
-2,13	-5,34	2	-2	4,66
-2,19	4	0	-0,66	0,66
-2,25	---	0,66	-6,66	-2
-2,38	-2,66	-4	-1,34	-5,34
-2,38	0,66	0,66	2,66	2,66
-2,69	1,34	---	---	---
-2,81	-5,32	---	---	---
-2,88	---	-1,34	-1,34	2
-2,94	-6	-1,32	1,34	0,66
-3,13	0	0,66	1,32	0
-3,13	-5,34	-2	-2	-4
-3,19	-3,32	-0,66	-2	1,34
-3,38	---	0	4,66	-2
-3,38	0	-0,68	-2,66	-0,68
-3,63	-2	-1,34	-4	-2,68
-3,63	-2,66	-0,66	-0,66	4,68
-3,69	3,34	1,34	0	0,66
-4,13	0,68	2	0,68	0,66
-4,50	-5,34	-2,68	-3,34	-1,32
-4,75	0	-1,34	-2,68	0
-4,94	-6	3,34	5,34	5,34
-4,94	-0,66	-0,66	-0,66	0,66
-5,0	2	-3,34	-4	-2,0
-5,63	6	2,66	1,34	3,34
-6,06	-7,34	0,68	-2,66	3,32
-6,44	0	6	3,34	6
-6,75	-6,68	-2	-2	1,32
Korelační koeficient	0,22	0,05	-0,004	-0,32
Hladina významnosti	0,24	0,80	0,98	0,07