

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2022

**ELIŠKA
KUBECOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

**Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility
v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch**

**Examination of monocular and binocular accommodation facility and the
use of its results in the diagnostics of accommodation and vergence
disorders**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Eliška Kubecová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Bc. Přemysl Kučera

Kladno 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kubecová** Jméno: **Eliška** Osobní číslo: **491761**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch

Název bakalářské práce anglicky:

Examination of monocular and binocular accommodation facility and the use of its results in the diagnostics of accommodation and vergence disorders

Pokyny pro vypracování:

Vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility je jedním z nástrojů v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch. Studentka v bakalářské práci zpracuje anatomii a fyziologii související s daným tématem. Dále představí klasifikaci akomodačních a vergenčních poruch a jejich řešení. Součástí textu bude popis různých variant vyšetření akomodační facility monokulárního i binokulárního charakteru. Studentka přednese možnosti zlepšení akomodační a vergenční dynamiky pomocí cvičení akomodační facility. Praktickou část bakalářské práce studentka zaměří na vyšetření akomodačních a nestrabických vergenčních poruch pomocí testů na jejich detekci a hodnocení s akcentem na vyšetření disociované heteroforie na dálku a blízko, testy na vyšetřenívergence, fúze a akomodace. Dále studentka zjistí hodnoty monokulární a binokulární facility s využitím flipperu s kombinací minusových a plusových brýlových čoček. Výsledky vyšetření akomodační facility monokulárně i binokulárně zjištěné studentka vyhodnotí a porovná, zda odpovídají anomáliím zařazeným dle analytického přístupu k diagnostice akomodačně-vergenčních poruch.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [2] SCHEIMAN, M., WICK, B., Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders, ed. 5., Wolters Kluwer Health, 2020, 723 s., ISBN 978-1-49639-973-1
- [3] EVANS, B.J.W., Picwell's binocular vision anomalies, ed. 5., Elsevier, 2007, 454 s., ISBN 0-7506-8897-1

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Bc. Přemysl Kučera

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**

Název bakalářské práce: Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch

Abstrakt:

Bakalářská práce s názvem Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch se v úvodu zabývá binokulárním viděním, akomodací a vergencí. Práce se věnuje také anatomii a fyziologii struktur oka, která je důležitá pro pochopení mechanismů akomodace a vergence. Dále je uvedena klasifikace a možnosti řešení akomodačních a vergenčních poruch. Hlavní myšlenkou této práce je popis postupů a specifík vyšetření akomodační facility za monokulárních a binokulárních podmínek. Součástí práce je popis zrakového tréninku akomodační facility využívaný k normalizaci akomodační a vergenční dynamiky.

Experimentální část bakalářské práce se zaměřuje na diagnostiku akomodačních a nestrabických vergenčních poruch, k jejichž vyhodnocení byla použita vyšetření disociované heteroforie, vergence, fúze a akomodace. Následně byly stanoveny hodnoty monokulární a binokulární akomodační facility s využitím akomodačního flipperu. Získané hodnoty byly vyhodnoceny a porovnány s očekávanými hodnotami u anomálií zařazených dle analytického přístupu v diagnostice akomodačně-vergenčních poruch. V závěru práce byly u 61,5 % vergenčních poruch potvrzeny očekávané hodnoty monokulární akomodační facility. Očekávané hodnoty binokulární akomodační facility se potvrdily u 73,08 % osob s vergenční poruchou. Práce poukazuje na důležitost vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility při diagnostice nestrabických vergenčních poruch.

Klíčová slova:

akomodační facility, binokulární vidění, akomodace, vergence, akomodačně-vergenční poruchy

Bachelor's Thesis title: Examination of monocular and binocular accommodation facility and the use of its results in the diagnostics of accommodation and vergence disorders

Abstract:

The bachelor thesis entitled Examination of monocular and binocular accommodation facility and the use of its results in the diagnostics of accommodation and vergence disorders in the introduction deals with binocular vision, accommodation and vergence. The paper also discusses the anatomy and physiology of the structure of the eye, which is important for understanding the mechanisms of accommodation and vergence. Furthermore, the thesis focuses on classification and management of accommodative and vergence disorders. The main idea of this bachelor thesis is to describe the procedures and specifics of examining the accommodation facility under monocular and binocular conditions. The thesis includes a description of visual training of the accommodative facility used to normalize accommodative and vergence dynamics.

The experimental part of the bachelor's thesis focuses on the diagnostics of accommodative and nonstrabismic vergence disorders, for the evaluation were used the tests of dissociated heterophoria, vergence, fusion and accommodation. Subsequently, monocular and binocular accommodative facility values were determined using an accommodative flipper. The values obtained were evaluated and compared with the expected values for anomalies classified according to the analytical approach in the diagnosis of accommodative-vergence disorders.

The experimental part of the study confirmed the expected values of monocular accommodative facility in 61,5 % of vergence disorders. The expected values of binocular accommodative facility were confirmed in 73,08 % of subjects with vergence disorders. The bachelor's thesis refers to the importance of monocular and binocular accommodation facility testing in the diagnosis of nonstrabismic vergence disorders.

Key words:

accommodation facility, binocular vision, accommodation, vergence, accommodative and vergence disorders

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Písaříkovi, Ph.D. a dále i konzultantovi Bc. Přemyslu Kučerovi za odborné vedení a cenné rady při zpracování tématu, za ochotu, trpělivost a zejména za čas, který věnoval mně a mé bakalářské práci. Dále bych ráda poděkovala všem, kteří mě v průběhu psaní práce podporovali.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod	1
2	Binokulární vidění	3
2.1	Jednoduché binokulární vidění	3
2.1.1	Superpozice	3
2.1.2	Fúze	3
2.1.3	Stereopse.....	4
2.2	Horopter	4
2.3	Panumův prostor	6
2.4	Retinální korespondence	7
2.4.1	Normální retinální korespondence.....	7
2.4.2	Anomální retinální korespondence	7
2.5	Akomodace	8
2.5.1	Akomodační aparát.....	8
2.5.2	Mechanismus akomodace.....	9
2.5.3	Složky akomodace.....	10
2.6	Vergence	11
2.6.1	Okohybné svaly	11
2.6.2	Flickovy osy	13
2.6.3	Konvergence.....	14
2.6.4	Složky vergence.....	14
3	Akomodačně-vergenční poruchy.....	16
3.1	Poruchy akomodace	16
3.1.1	Insuficience akomodace	17
3.1.2	Obrna akomodace	18
3.1.3	Exces akomodace	18
3.1.4	Spasmus akomodace.....	19
3.1.5	Akomodační infacilita	20
3.2	Poruchy vergence.....	20
3.2.1	Insuficience konvergence	21
3.2.2	Exces konvergence	22
3.2.3	Insuficience divergence	23
3.2.4	Exces divergence	24

3.2.5	Základní esoforie	25
3.2.6	Základní exofovie	26
4	Akomodační facilita	28
4.1	Definice	28
4.2	Diagnostika	28
4.3	Princip vyšetření	29
4.3.1	„Near-far“ test	30
4.3.2	„Flipper lens“ test	30
4.3.3	Fixační stimul	32
4.3.4	Norma MAF a BAF	34
4.4	Postup vyšetření	35
4.4.1	Postup vyšetření u dětí nebo mladých dospělých	36
4.4.2	Postup vyšetření u osob starších 30 let	36
4.5	Zrakový trénink	37
4.5.1	„Near-far Hart chart“ zrakový trénink	38
4.5.2	Zrakový trénink „flipper lens“	39
5	Experimentální část	40
5.1	Předpoklady	40
5.2	Metodika vyšetření	41
5.2.1	Vyšetřované osoby	41
5.2.2	Objektivní a subjektivní refrakce	41
5.2.3	Vyšetření sloužící k diagnostice poruch	42
5.3	Kritéria a způsob vyhodnocení	46
5.4	Výsledky měření	49
5.4.1	Obecné údaje	49
5.4.2	Hodnoty sloužící k diagnostice poruch	50
5.4.3	Výskyt akomodačních a vergenčních poruch	51
5.4.4	Četnost symptomatických osob	52
5.4.5	Monokulární a binokulární akomodační facilita	54
5.4.6	Předpoklad č.1	57
5.4.7	Předpoklad č.2	58
5.4.8	Předpoklad č.3	61
6	Diskuze	64

7 Závěr.....	67
Seznam použité literatury	69
Seznam symbolů a zkratk	74
Seznam obrázků.....	75
Seznam tabulek.....	77
Příloha: Protokol.....	78

1 Úvod

Optometrista jakožto nelékařský zdravotní pracovník je ve své praxi oprávněn stanovit a za využití správných korekčních pomůcek korigovat refrakční stav oka. V některých případech mohou obtíže spojené se zrakovým vnímáním i po správně předepsané sférocylindrické korekci přetrvávat, je proto nutné současně kvalitně vyšetřit binokulární stav oka.

Pokud je narušeno jednoduché binokulární vidění, pacient může pocítit obtíže do blízka v podobě rozostřeného a dvojitého vidění, astenopii nebo diskomfort při změně fixační vzdálenosti. K těmto stavům dochází při dekompenzované heteroforie, která vede k diagnostice akomodačních a vergenčních poruch.

V optometrické praxi může docházet k opomíjení vyšetření stavu binokulárního vidění, proto mnohdy nemusí dojít k odhalení přítomnosti akomodačně-vergenčních anomálií. Jedním z důvodů může být nutnost provedení řady vyšetření hodnotící jak vergenční, tak akomodační systém. Má bakalářská práce si klade za cíl ověřit důležitost vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch.

Pro správnou interpretaci stavu binokulárního systému je nutné znát anatomii a fyziologii akomodačního aparátu a struktur oka, které se podílí na funkci očí jako očního páru. Výše uvedenému je věnována první kapitola teoretické části práce, současně bude popsána i problematika vzniku jednoduchého binokulárního vidění.

Následně popíši klasifikaci poruch akomodačního a vergenčního systému. U každého typu poruchy budou uvedeny nejčastěji se vyskytující symptomy, očekávané výsledky diagnostických testů a návrh řešení. Na závěr teoretické části bude podrobně popsána problematika zaměřující se na vyšetření akomodační facility monokulárního i binokulárního charakteru. Práce se bude zabývat jednotlivými metodami vyšetření, jejich využitím a uvede interpretaci výsledků. Část textu bude věnována i zrakovému tréninku akomodační facility, který umožní zlepšení akomodační a vergenční dynamiky.

V experimentální části se zaměřím na diagnostiku akomodačních a nestrabických vergenčních poruch, které budou stanoveny nejen na základě vyšetření disociované heteroforie na dálku i blízko, ale provedu i testy hodnotící vergenci, fúzi a akomodaci. Následně změřím pomocí akomodačního flipperu s minusovými a plusovými sférickými čočkami hodnoty monokulární a binokulární akomodační facility. Tyto výsledky vyhodnotím a porovnáám s očekávanými hodnotami u anomálií zařazeným dle analytického přístupu k diagnostice akomodačně-vergenčních poruch.

Cílem bakalářské práce je ověřit, zda lze využít výsledky akomodační facility k jejich diagnostice.

2 Binokulární vidění

Základní vlastností senzomotorického binokulárního systému je schopnost přijmout a zpracovat vjem z pravého a levého oka tak, aby vznikl jednoduchý binokulární vjem s vyšší kvalitou zobrazení. Základ správného fungování vychází z anatomie zrakového aparátu, z okoohybného systému a ze senzorického systému, kterým mozek získává dva monokulární signály. [1] [2] [3] Binokulárního vidění lze dosáhnout bez jakéhokoliv úsilí při rovnovážném stavu okoohybných svalů, tzv. orthoforie. [4]

2.1 Jednoduché binokulární vidění

Jednoduché binokulární vidění (JBV) se začíná vyvíjet po narození jedince. Pro správný fyziologický vývoj JBV je potřebná bifoveální fixace a normální retinální korespondence. Pokud je jedna z těchto podmínek porušena, mohou vznikat poruchy související s JBV. Mezi projevy abnormálního jednoduchého binokulárního vidění lze zařadit strabismus, na který se organismus binokulárně senzoričky adaptuje supresí či anomální retinální korespondencí. Další poruchou JBV je amblyopie nebo může být porušen také 3. stupeň binokulárního vidění, kterým je stereopse. [5] [6] [7]

2.1.1 Superpozice

Superpozice je prvním stupněm JBV. Jedná se o schopnost vnímání a překrytí i nestejněho obrazu pravého a levého oka (jedno oko může vnímat písmeno A druhé písmeno B), který vznikl na korespondujících místech sítnice. Obraz vzniklý na sítnici pravého a levého oka je v prostoru vnímán odděleně, ale současně na jednom místě. [5] [6] [7] [8] Superpozice neboli simultánní vidění je podmínkou pro další stupně JBV. [5]

Jedná se o schopnost současného vnímání a překrytí makulárního či foveolárního obrazu pravého a levého oka. V případě normální retinální korespondence dojde k překrytí identického obrazu. [9]

2.1.2 Fúze

Pokud je přítomna superpozice může dojít k fúzi. [5] Fúze vytváří jednoduchý binokulární vjem z monokulárního vjemu na sítnici pravého a levého oka. Tyto monokulární obrazy nemusí být nutně identické, ale musí být podobné velikostí, jasně a ostrostí. [6] [10] [11] [12]

Rozlišujeme senzoričku a motorickou fúzi. Senzoričká fúze je na rozdíl od motorické fúze psychickým a fyziologickým dějem. V případě senzoričké fúze se jedná o schopnost vnímat dva podobné obrazy, z nichž se jeden zobrazí na sítnici jednoho oka, a přesto jsou

interpretovány jako jeden obraz. Když senzoričká fúze není schopna spojit obraz pravého a levého oka, z důvodu retinální disparity, je aktivována motorická fúze. Tento stimul způsobí vergenční pohyby, kterými dojde k nastavení optických os tak, aby se protnuly v pozorovaném objektu a byla zachována senzoričká fúze. [3] [6] [12]

Fúzi lze dělit i podle rozsahu obrazu na sítnici na paramakulární (periferní), makulární a foveolární. Nejvýznamnější je foveolární fúze. [8]

2.1.3 Stereopse

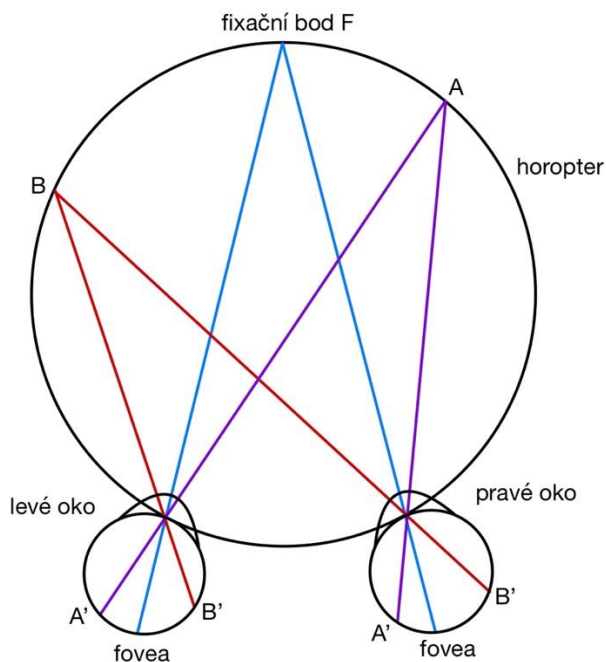
Stereopse je označení posledního stupně JBV. [5] Prostorové neboli hloubkové vidění je umožněno díky lehce odlišnému pohledu na předmět z pozice pravého a levého oka. [10] Na sítnici tak vznikají disparátní obrazy, které umožní určit v prostoru vzájemnou polohu předmětů. [4]

Hodnoty stereopse se vyjadřují v úhlových vteřinách. Fyziologicky se hodnoty pohybují v rozmezí 20“ až 60“. [5]

2.2 Horopter

Reflexně fúzní pohyby nastavují pohledové osy obou očí na pozorovaný objekt. Tento objekt se bude jevit ve směru pomyslného kyklopského oka, které nalezneme mezi pravým a levým okem u kořene nosu. [4]

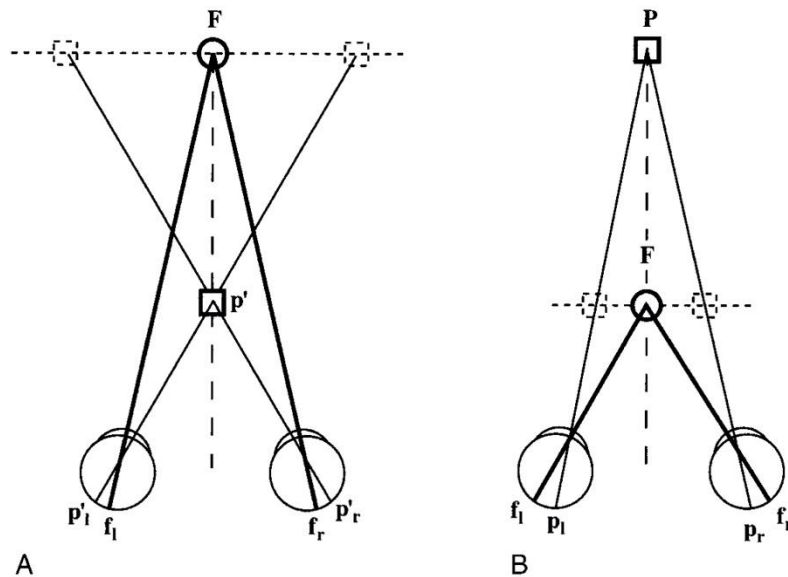
Aby mohlo dojít k vytvoření jednoduchého binokulárního vidění, musí obrazy předmětů dopadat na korespondující místa sítnice. [13] Body v prostoru zobrazující se jednoduše tvoří horopter. V horizontální rovině prochází Viethova-Müllerova horopterová kružnice uzlovým bodem obou očí a fixačním bodem (Obrázek 2-1). Vzdálenost od fixačního bodu určuje tvar skutečného horopteru. Přibližně do 2 m má křivka konkávní tvar a ve vzdálenosti více než 2 m má tvar konvexní. Tato odchylka je označována jako Heringova-Hildebrandova deviace. [4] [12]



Obrázek 2-1: Vieth-Müllerova horopterová kružnice [vlastní zpracování]

Obrazy předmětů nacházející se mimo horopter se zobrazují na disparátních neboli nekorespondujících místech sítnice, což způsobí vnímání objektu ve dvou různých pohledových směrech. Přítomnost disparátního zobrazení a skutečnost, že se obraz jeví dvojitě, umožní vznik jednoduchého binokulárního vidění. Aby byl objekt viděn jednoduše, i přes disparátní zobrazení, musí se nacházet v blízké vzdálenosti horopteru definované jako Panumův prostor. [6] [10] [12] [13]

Přítomnost binokulárního vidění a spolupráci obou očí lze potvrdit fyziologickou diplopií, která je přítomna u předmětů nacházejících se před a za fixovaným objektem. Dojem větší vzdálenosti předmětu vyvolává nezkřížená (homonymní) fyziologická diplopie, kdy se pozorovaný objekt zobrazí nazálně od makuly. Tento typ fyziologické diplopie vnímáme u vzdálenějšího předmětu, když fixujeme předmět bližší. Temporálně od makuly se zobrazují bližší objekty, kdy vzniká zkřížená (heteronymní) fyziologická diplopie, kterou pozorujeme u bližšího předmětu při fixaci na objekt vzdálenější (Obrázek 2-2). [4] [6] [9] [10] [12]

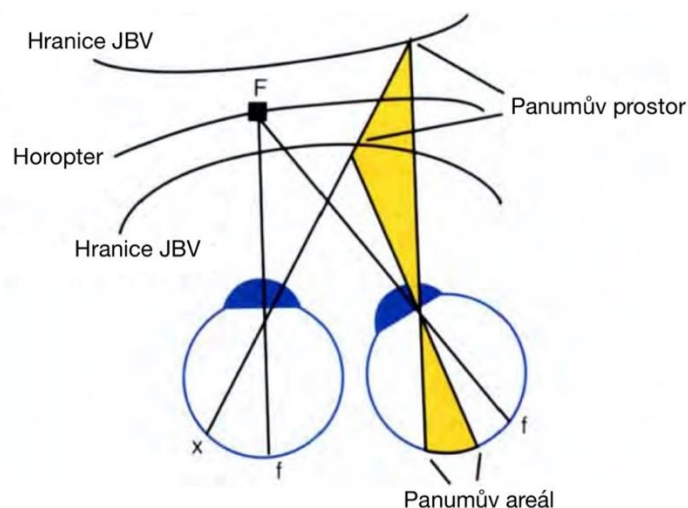


Obrázek 2-2: Fyziologická diplopie zkřížená (heteronymní, A) a nezkřížená (homonymní, B), kde F je bod fixace, p' a P je bod v prostoru, který je viděn dvojitě [12]

2.3 Panumův prostor

Oblast kolem horopteru se nazývá Panumův prostor. Body nacházející se v prostoru se zobrazují na lehce disparátních místech sítnice, které označujeme jako Panumovy areály (Obrázek 2-3). [2] [8] Každý bod na sítnici jednoho oka odpovídá malé oblasti na sítnici druhého oka. To umožňuje výskyt malých deviací, při kterých nedochází k diplopii. Tato malá deviace od fixace se označuje jako fixační disparita. Pokud deviace posune obraz mimo Panumův areál, dojde k diplopii. [1] [6] [10]

Velikost Panumova prostoru závisí na vzdálenosti fixovaného předmětu. [4] Hloubka Panumova prostoru je proměnná v závislosti na vzdálenosti od centra odpovídající Panumově areálu fovei. Centrálně je prostor užší a rozšiřuje se do periferie. [6] [12]



Obrázek 2-3: Panumův prostor a Panumovy areály, kde x je předmět zobrazený na sítnici, f je fovea a F je bod fixace [2]

2.4 Retinální korespondence

Retinální korespondence se podílí na propojení zorného pole pravého a levého oka. Propojení je umožněno odpovídajícími si místy na sítnici, které jsou reprezentovány párem fotoreceptorů pravého a levého oka. [10]

2.4.1 Normální retinální korespondence

Normální retinální korespondence (NRC) je fyziologický stav, při kterém fovea pravého a levého oka fixuje ve stejném směru. Vizuální vjem z obou očí se bude překrývat, dojde k fúzi. [1] Normální retinální korespondence toleruje vergenční odchylku do 2° kdy není ovlivněna fúze ani stereopse. [14]

2.4.2 Anomální retinální korespondence

Anomální retinální korespondence (ARC) je jedna z možných patologií binokulárního vidění. Jedná se o senzoricou adaptaci JBV na motorickou anomálii strabismu. [3] Dochází k vytvoření sítnicového vztahu mezi foveolou jednoho oka s nekorrespondujícím místem na sítnici druhého oka. [8] Umístění nekorrespondujícího místa odpovídá úhlu anomálie, který je dán rozdílem objektivního a subjektivního úhlu šilhání. [1] [3] Poměr objektivního a subjektivního úhlu šilhání umožňuje rozlišit formu ARC na harmonickou a disharmonickou. [3]

2.5 Akomodace

Akomodace je schopnost oka měnit svou optickou mohutnost, která umožňuje vytvořit ostrý obraz na sítnici. [2] To umožňuje sledovat předměty v různé vzdálenosti. Nejbližší bod, který ještě uvidíme ostře označujeme jako daleký bod (*punctum remotum*). Blízký bod (*punctum proximum*, NPA) charakterizuje nejbližší ostře viděný bod. Předměty nacházející se mezi dalekým a blízkým bodem vidíme ostře při odpovídající akomodaci. [4]

2.5.1 Akomodační aparát

Akomodační aparát je tvořen aktivní složkou akomodace, která je zprostředkována hladkými svalovými buňkami řasnatého tělesa, které je součástí přední části *tunica vasculosa bulbi*. Funkce těchto svalů umožňuje regulaci množství vstupující světla a akomodaci. Čočka, závěsná vlákna a sklivec (*corpus vitreum*) se podílejí na akomodaci pasivně. [2] [3] [15] [16]

Elasticita čočky zajišťuje fyzikální akomodaci, která je udávána v dioptriích (dpt). Činnost ciliárního svalu charakterizuje fyziologická akomodace, která je měřena v myodiotriích. Ke zvýšení refrakčního stavu čočky o 1 dpt je nutná kontrakce ciliárního svalu o jednu myodiotrii. [4]

Řasnaté těleso (*corpus ciliare*)

Řasnaté těleso má tvar zřaseného prstence a v průřezu má trojúhelníkový tvar. Na vnitřním okraji mezikruží, v oblasti *pars plicata*, nacházíme 70–80 paprscitě uspořádaných výběžků, *processus ciliares*. Z výběžků vychází systém jemných vazivových vláken (*fibrae zonulares*), na kterých je zavěšena čočka. [15] [16] [17]

Musculus ciliaris je prstenčitý svěrač tvořený hladkými svalovými buňkami a je uložen ve vazivovém stroma řasnatého tělesa. Kontrakce *musculus ciliaris* uvolňuje závěsný aparát čočky. Vedle zmíněných cirkulárně uspořádaných svalových buněk (Müllerův sval) zde nalezneme i meridionální (Brücknerův sval) a radiálně uspořádané svalové buňky. Motorická inervace *musculus ciliaris* je zprostředkována parasympatickými vlákny z *nervus oculomotorius* (n. III.). [15] [16]

Čočka (*lens cristallina*)

Uvnitř očního bulbu nalezneme bikonvexní spojnou čočku (*lens cristallina*), která je volně přiložena na zadní stranu duhovky (*iris*). Prostor kolem čočky je vyplněn komorovým mokem. [15] [16] Oční čočka je bez inervace a bez přímé vaskularizace. [17]

Struktura čočky je nehomogenní. [4] Na povrchu nalezneme tenké, pevné a pružné pouzdro (*capsula lentis*), které je produktem povrchového kubického epitelu nacházejícího se pod *capsula lentis* na přední ploše čočky. Buňky epitelu se následně přemění na prizmatická

vlákna (*fibrae lentis*), které vyplňují dutinu čočky a vytváří tuhé jádro (*nucleus lentis*). Nová vlákna se tvoří na povrchu starých vláken. Tato pružnější struktura s vyšším obsahem vody tvoří kůru čočky (*cortex lentis*). [15] [16]

Lomivost je ovlivněna materiálem i zakřivením jednotlivých vrstev čočky. To vše se podílí na celkovém zakřivení přední a zadní plochy čočky. Sférické zakřivení nalezneme u přední plochy čočky. Zadní plocha čočky se vyznačuje větším zakřivením, které je parabolické. [4]

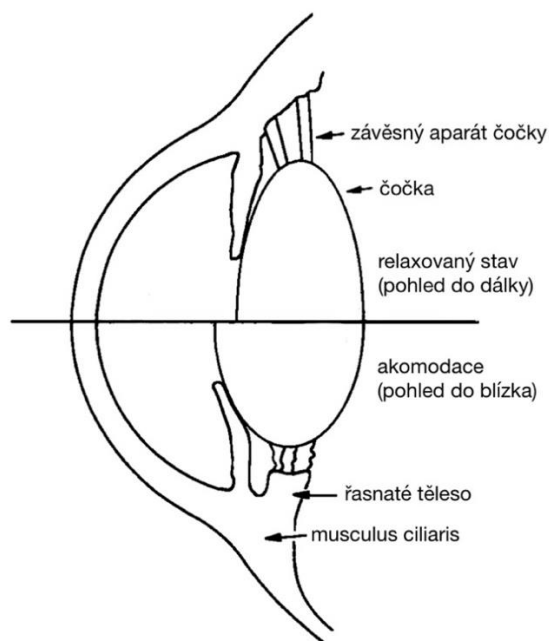
Závěsný aparát čočky (*zonula ciliaris*)

Závěsný aparát čočky tvoří radiálně uspořádaný systém jemných vláken, která vychází z *pars plana* a *pars plicata* řasnatého tělesa. Vlákna, označována jako *fibrae zonulares* či *zonula Zinni*, jsou upnuta do pouzdra čočky v oblasti předního i zadního ekvátoru. [15] [17] Zonulární vlákna jsou tvořena nekolagenním proteinem a elastickými fibrilami. [17]

2.5.2 Mechanismus akomodace

V klidovém stavu je emetropické oko zaostřeno do dálky a bez potřeby akomodace se na sítnici tvoří ostrý obraz. Řasnaté těleso se v této fázi nachází v uvolněném stavu. Při pohledu na bližší vzdálenost musí dojít k aktivaci akomodace. Ta je spuštěna poté, co na sítnici nevznikne ostrý obraz. [18]

Začátek senzomotorické dráhy monokulární akomodace je na sítnici, kde dochází k podráždění čípků neostrým obrazem. Nervové podráždění je magnocelulární dráhou přeneseno do Edinger-Westphalova jádra středního mozku přes *corpus geniculatum laterale*. Okohybný nerv přes ciliární ganglion a krátké ciliární nervy přenáší motorický podnět k ciliárnímu svalu. [4] Kontrakce longitudinálních vláken svalu řasnatého tělesa mírně posune cévnatku směrem k přednímu pólu oka. Současně kontrakce cirkulárních vláken táhne řasnaté těleso blíže k čočce, což zmenší průměr řasnatého tělesa. To uvolní napětí závěsného aparátu čočky a čočka změní tvar. Přední plocha čočky se více zakříví a tím se zvýší optická mohutnost (Obrázek 2-4). [18]



Obrázek 2-4: Porovnání stavu oční čočky a řasnatého tělesa při pohledu do dálky a do blízka [19]

Při fixaci na blízký objekt dochází také ke konvergenci, která zachovává binokulární projekci pozorovaného objektu ve foveole. Akomodace a konvergence je do určité míry inervována stejnou nervovou dráhou. Akomodace stimuluje konvergenci stejně tak jako konvergence stimuluje akomodaci [11]. Provázanost akomodace a konvergence označujeme jako oční synkinézu. [19] Akomodace a konvergence je doprovázena miózou zornice kontrakcí *musculus sphincter pupillae*. Tento sval je součástí duhovky a funguje jako aperturní clona [11], která omezí vstup světelného záření a sníží tak sférickou aberaci. Zlepšují se tak podmínky k tvorbě ostrého obrazu na sítnici. [4] [18]

2.5.3 Složky akomodace

Heath vyvinul klasifikaci akomodace na podobném principu Maddoxovy klasifikace vergence. Akomodace zahrnuje reflexní, vergenční, proximální a tonickou složku. [2]

Reflexní akomodace

Reflexní akomodace tvoří největší a nejdůležitější složku akomodace pro monokulární a binokulární vidění. Jedná se o automatické přizpůsobení refrakčního stavu pro získání či udržení ostrého obrazu na sítnici. Tato složka akomodace reaguje na neostrý vjem, který je vyvolán snížením celkového kontrastu objektu nebo obrazu na sítnici. Reflexní složka akomodace dokáže vyvolat automatickou refrakční změnu o 2 dpt. Vyšší změna refrakčního stavu vyžaduje akomodační úsilí. [2] [9]

Vergenční akomodace

Druhým podstatným komponentem akomodace je složka vergenční. Jedná se o akomodaci, která je vyvolána vrozeným neurologickým propojením a činností disparátní (fúzní) vergence. Konvergenční akomodace je důsledkem provázanosti akomodace a binokulárního vidění. Jedná se tedy o akomodaci, která je vyvolána konvergencí při fixaci blízkého předmětu. Spojitost mezi těmito systémy popisuje poměr konvergenční akomodace a konvergence (CA/C poměr), která je stimulovaná sítnicovou disparitou. [2] [9]

Proximální akomodace

Proximální akomodace je vyvolána vědomím blízkého předmětu ve vzdálenosti do 3 m od jedince. [2] [9]

Tonická akomodace

Tonická složka akomodace nereaguje na žádný stimul, jako ostatní složky. Pracuje na podkladě nervové inervace ze středního mozku. Jedná se o relativně stabilní akomodační stimul. Tonická akomodace u mladých lidí dosahuje hodnot 0,75 až 1,0 dpt a s přibývajícím věkem se snižuje. [2] [9] [20]

2.6 Vergence

Vergenční a verzční pohyby řadíme k pohybům, které zahrnují pohyb obou očí na rozdíl od dukcí. Vergence neboli disjunkční pohyby jsou pohyby nesouhlasné v nasálním či temporálním směru. Jinými slovy způsobí neparalelní postavení zrakových os. V případě konvergence, každé z očí vykoná addukční pohyb a při divergenci pohyb abdukční. [18] Hlavní funkcí horizontální vergence je udržet bifoveální fixaci objektů nacházejících se v různých vzdálenostech. [2]

2.6.1 Okohybné svaly

Okohybné svaly se společně s hladkými svaly očníce řadí k přídatným očním orgánům. Jedná se o příčně pruhované svaly pohybující oční koulí. Okohybné svaly, *musculi bulbi*, jsou zastoupeny čtyřmi svaly přímými (*musculus rectus superior*, *m. r. inferior*, *m. r. medialis*, *m. r. lateralis*) a dvěma svaly šikmými (*m. obliquus superior*, *m. obliquus inferior*) (Obrázek 2-5). [15] [16]

Přímé svaly

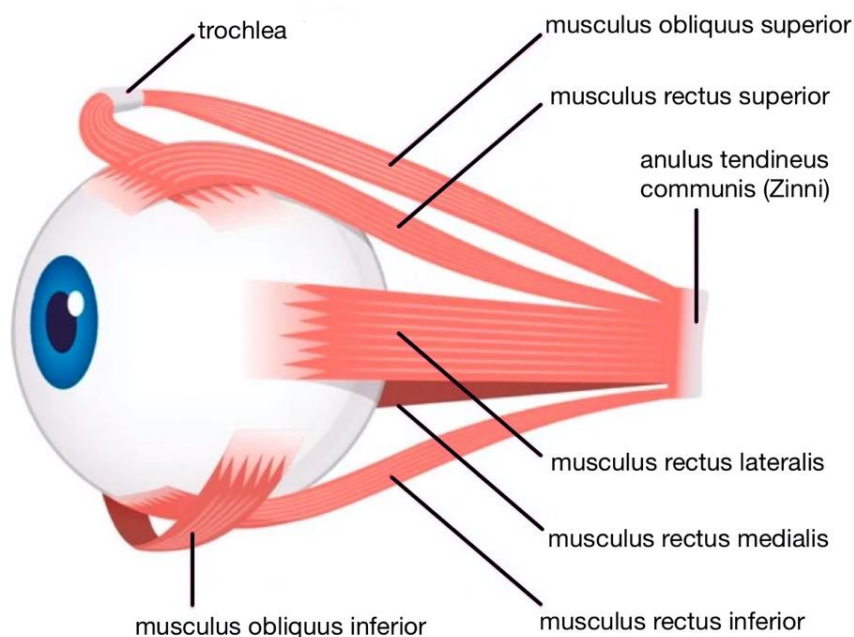
Všechny přímé svaly začínají v *anulus tendineus communis (Zinni)* (Obrázek 2-5). Jedná se o šlachovitou prstencovou strukturu v oblasti apexu očnice. Úpony přímých svalů nalezneme v různých vzdálenostech za limbem rohovky (*cornea*), kde se upínají do bělimy (*sclera*). Tyto svaly probíhají rovně z místa začátku do místa úponu a v souladu se směrem průběhu otáčejí bulbem. [15]

Šikmé svaly

Šikmé svaly na rozdíl od svalů přímých neprobíhají rovně a jsou o něco slabší. Úpony šikmých svalů jdou opačně zepředu dozadu a upínají se stejně jako svaly přímé do skléry. Místo úponu je za ekvátorem oka. [15]

Musculus obliquus superior má počátek v *anulus tendineus communis* a probíhá podél vnitřního okraje až do horního vnitřního koutu očnice. Zde se sval otáčí kolem kladky (*trochlea*), ve kterém mění svůj směr a pokračuje k místu úponu. Vějířovitou šlachou úponu horního šikmého svalu nalezneme v horním zevním kvadrantu za ekvátorem bulbu. [15]

Musculus obliquus inferior začíná jako jediný okohybný sval na spodní stěně očnice. I tento druhý šikmý sval se upíná za ekvátorem bulbu, ale v dolním zevním kvadrantu. Opačný průběh úponů šikmých svalů způsobuje, že otáčejí bulbem proti směru úponu. [15]



Obrázek 2-5: Okohybné svaly [21]

Inervace

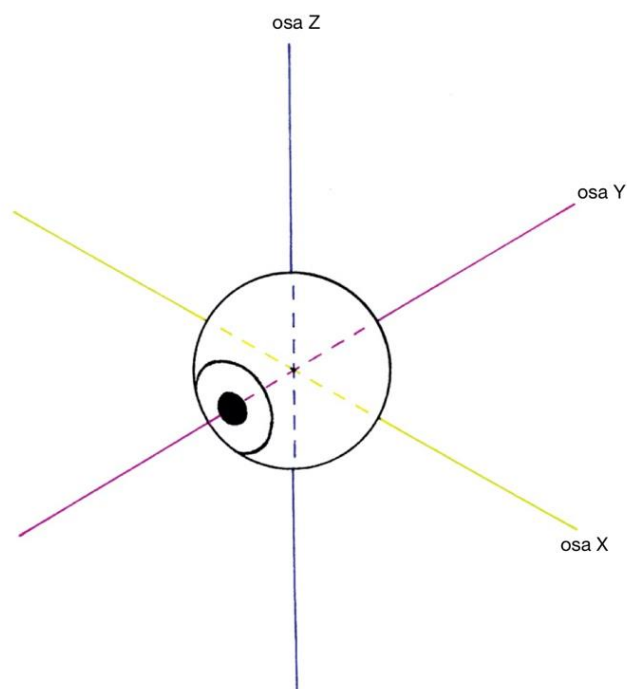
Okohybné svaly jsou inervovány hlavovými nervy. *Musculus obliquus superior* je inervován čtvrtým hlavovým nervem, *nervus trochlearis* (n. IV.). *Nervus abducens* (n. VI.) inervuje *musculus rectus lateralis*. Zbylé okohybné svaly inervuje *nervus oculomotorius* (n. III.). [15]

2.6.2 Flickovy osy

Při jakémkoliv pohledovém směru jsou precizně inervovány extraokulární svaly, které jsou řízeny centrálním nervovým systémem. [18] Signál pro vergenční pohyby má počátek v 19. areálu okcipitálního laloku a je vysílán k okulomotorickému komplexu supranukleárními vlákny. [2]

Jednotlivé pohyby oka, lze popsat jako rotaci kolem jedné nebo více os. Tyto osy prochází centrem rotace, což je nepohyblivý bod přibližně v geometrickém středu oka. Poloha tohoto fixního bodu se liší u emetropického a ametropického oka. Fyziologická vzdálenost tohoto bodu od vrcholu rohovky je 13,5 mm. V centru rotace se protínají celkem tři Flickovy osy. Osa X je horizontální (transversální), osa Y je sagitální a osu Z označujeme jako vertikální. [9] [18]

Kombinace pohybů tří párů svalů definuje pohledový směr. Vnější a vnitřní přímý okohybný sval rotuje bulbem kolem vertikální osy Z. Zbylé přímé svaly pohybují okem podle horizontální osy X. Na torzních pohybech kolem sagitální osy Y se podílejí svaly šikmé. [11] [18]



Obrázek 2-6: Flickovy osy [18]

2.6.3 Konvergence

Největší význam pro vergenční pohyby má vnitřní přímý sval (*m. r. medialis*), který se aktivně podílí na konvergenci. [18]

Při konvergenci dochází k reflexivnímu pohybu očí nazálním směrem. [4] Konvergenční pohyb tvoří jednu ze složek triády do blízka, současně doprovází také excyklotorze, která se nepřímou úměrou zvětšuje s fixační vzdáleností. Torzní pohyb očí je přítomen při disjunkčních horizontálních pohybech nebo při pohybech vertikálním směrem. [12] [22] [23]

Konvergence je primárně reflexní děj, ale lze ji vyvolat i vědomě. [7] Cvičením tohoto nevědomého pohybu lze dosáhnout určitého stupně volní neboli vědomé konvergence. [4] Rozeznáváme dva druhy konvergence, symetrickou a asymetrickou. K symetrické konvergenci dochází při fixaci předmětu ve středové rovině, mimo ni se jedná o konvergenci asymetrickou. [8]

Stejně jako u akomodace i u konvergence rozeznáváme blízký bod. Blízký bod konvergence (NPC) nacházíme v nejmenší možné vzdálenosti před okem, ve kterém vidíme předmět jednoduše. Blízký bod konvergence se nachází před pacientem ve vzdálenosti 5–12 cm. Konvergenční pohyb je stálejší, proto se NPC s věkem mění minimálně. [4] [10]

2.6.4 Složky vergence

Čtyřsložková klasifikace vergence byla vytvořena Maddoxem. [2] Reflexní vergenci rozdělujeme na tonickou, proximální, akomodační a fúzní konvergenci. [8] Schor tvrdí, že tonická, proximální a akomodační vergence je přítomná při narození. Fúzní vergence se vyvíjí později, pravděpodobně se zlepšující se zrakovou ostrostí. [1]

Tonická vergence

Primární postavení očí bez jakýchkoliv fúzních podnětů je dáno zejména tonem vnitřních přímých svalů. [4] Svalový tonus řadíme k fyziologickým faktorům, které společně s anatomickými faktory zajišťují postavení očí v pozici fyziologického klidu (position of physiological rest). Zrakové osy pravého a levého oka se v tomto postavení nacházejí v paralelním postavením. Bez působení svalové inervace je postavení očí definováno anatomicky. Zrakové osy pravého a levého oka jsou lehce divergentní. Tuto pozici postavení očí nazýváme jako pozice anatomického klidu (position of anatomical rest). [1] [2]

Proximální vergence

Proximální neboli psychickou konvergenci navodíme přítomností předmětu v blízké vzdálenosti. [4] Proximální vergence se společně s okulomotorickým systémem podílí na inervaci potřebné k fúzi pozorovaného předmětu. Až 50% potřebné konvergence při pohledu na blízký objekt je zajištěn složkou proximální. [2]

Akomodační vergence

Akomodační vergence se jako ostatní složky vergence podílí na mechanismu vyvolávající konvergenci. Konvergence společně s akomodací a miózou zornice tvoří oční triádu pohledu do blízka. Dle Maddoxova klasifikačního systému je akomodační vergence kvantifikována poměrem akomodační konvergence a akomodace (AC/A poměr). [1] [2] AC/A poměr udává hodnotu odpovědi konvergence na jednotku akomodačního stimulu. [11]

Fúzní vergence

Fúzní vergence je flexibilním a silným komponentem vergenčního systému. Stimul pro spuštění fúzní vergence je vznik disparátního obrazu na sítnici. Může se jednat o pohyby konvergentní (pozitivní reakce), divergentní (negativní reakce) nebo o vertikální vergenci. K těmto opravným pohybům dochází, pokud ostatní složky vergence neposkytnou odpovídající stimul pro konvergenci. [2] [4] [7]

3 Akomodačně-vergenční poruchy

Nesprávná funkce akomodačního a vergenčního systému je doprovázena přítomností akomodačních či vergenčních poruch, které ovlivní binokulární stav pacienta. [1] [24] [25] V důsledku fyziologie očního páru jsou časté kombinace akomodačních a vergenčních poruch, proto je nutné pro hodnocení binokulárního stavu provést vyšetření zrakového aparátu jako celku. [14] [25] Obvyklou kombinací akomodační a vergenční poruchy je konvergenční a akomodační insuficience. [1] [6] [25]

Pokud je přítomna současně akomodační i vergenční porucha, je nutné stanovit primární příčinu obtíží, jejíž léčba může ovlivnit sekundárně se vyskytující poruchu. Je doporučeno nejprve vyhodnotit výskyt vergenční poruchy a v případě nepřítomnosti poruchy tohoto typu, je vhodné analyzovat data zaměřující se na identifikaci anomálie akomodace. [24]

Bylo potvrzeno, že některé poruchy mohou být symptomatické v důsledku nepřesné sférocyklindrické korekce, proto je pro vyhodnocení a stanovení diagnózy důležité přesné vykorigování refrakční vady. Příkladem může být nekorigovaná myopie u exoforie či hypermetropie u esoforických pacientů. [25]

3.1 Poruchy akomodace

Akomodační poruchy jsou charakteristické neadekvátní akomodační amplitudou (AA) nebo akomodační odezvou. [25]

První náznaky přítomnosti akomodační poruchy lze vyvodit z přítomnosti symptomů, kterými mohou být obtíže se zaostřením při změně pohledových vzdáleností nebo neostrého vidění do blízka či dálky. Diagnostika akomodační anomálie je podpořena přítomností běžné zrakové ostrosti do dálky, ale abnormální zrakovou ostrostí do blízka. [24] [25]

Základním krokem pro diagnostiku akomodačních anomálií je provedení refrakce a vyloučení přítomnosti fakultativní hypermetropie, kterou odhalíme cykloplegií. [25]

Na klasifikaci akomodačních poruch se jako první podílel Duane v roce 1915, později se na klasifikaci podíleli i Donders, Duke-Elder a Abrams. Klasifikace uvedená v této kapitole vychází z Duanovy klasifikace. [24]

Obecný postup léčby akomodačních poruch zahrnuje (1) korekci ametropie, (2) předepsání adice a (3) zrakový trénink. Obtížím se stimulací akomodace pomůže adice. Vhodnějším řešením při obtížích s relaxací akomodace, které doprovází akomodační exces a infacilitu, je zrakový trénink, jenž může být doporučen i v případě akomodační insuficience. Zrakový trénink cílí na zvýšení akomodační facility a zvětšení akomodační amplitudy. Účinnost

zrakového cvičení v případech nestrabické akomodační anomálie potvrdili Hoffman, Cohen a Feuer. [24]

3.1.1 Insuficience akomodace

V případě insuficience akomodace se jedná o neschopnost stimulovat odpovídající množství akomodace, která se odvíjí od refrakčního stavu a věku pacienta. Insuficience neboli nedostatečnost akomodace je nejčastěji se vyskytující akomodační anomálie. [6] [24]

Symptomy jsou velmi podobné těm, které doprovázejí nástup presbyopie. Pacient trpící akomodační insuficiencí bude mít problémy do blízka, kde bude pociťovat rozmazané vidění. Práci do blízka bude doprovázet nepohodlí, námaha očí a problémy s koncentrací např. u čtení. Přítomna bude i astenopie. Obtíže jsou přítomny i při změně pohledové vzdálenosti. Nedostatečnost akomodace může doprovázet fotosenzitivita i diplopie. [6] [24] [25]

Podezření na poruchu akomodační nedostatečnosti vychází z naměřených hodnot AA, jejíž hodnoty jsou nižší, než by se očekávalo v daném věku. [1] [24] [25] Vyšetření akomodační facility může činit problémy, zejména u předložení minusové čočky monokulárně i binokulárně. Tento typ vyšetření činí problémy stejně jako další testy, které vyžadují stimulaci akomodace. K diagnostice této poruchy je vhodná MEM retinoskopie, u které se očekávají vyšší výsledky pohybující se nad +0,75 dpt. [6] [24] [25] Dále tento stav doprovází snížená hodnota pozitivní relativní akomodace (PRA) a může se vyskytnout i esoforie do blízka. Insuficience akomodace se může vyskytnout i ve spojení s exoforií z důvodu nízké akomodační konvergence. Snížená akomodační amplituda ovlivní v některých případech i vzdálenost NPC. [24]

Poté, co se vykoriguje refrakční stav, je vhodným řešením předepsání plusové adice, na kterou nejlépe reaguje právě akomodační nedostatečnost. Jednotlivé výsledky testů charakterizující tuto poruchu navrhuji použití adice do blízka, jejíž velikost je dána na základě výsledků těchto testů. [6] [24] [25]

Dalším možným řešením akomodační insuficience je zrakový trénink, který stimuluje akomodaci při provádění „push-up“ cvičení. Trénink za pomoci akomodačního flipperu, který zlepší akomodační facilitu a akomodační amplitudu, je také vhodnou volbou. [6] [24] [25] V první řadě trénink zahrnuje cvičení s minusovou čočkou, později cvičení kombinuje střídání minusové i plusové čočky. Základem je trénink akomodace a konvergence, až později se trénuje rychlost akomodační odpovědi. [24]

Symptomy a diagnostické nálezy, které doprovázejí insuficienci akomodace jsou charakteristické i pro poruchu „ill-sustained accommodation“. Tento typ akomodační poruchy

vzniká v důsledku akomodační neschopnosti. Rozdíl nalezneme u vyšetření AA, monokulární akomodační facility (MAF) a binokulární akomodační facility (BAF) jejichž výsledky se snižují s opakujícím se provedením. I „ill-sustained accommodation“ reaguje velmi dobře na předepsání plusové adice. [24]

Duane, Duke-Elder a Abrams zařazují „ill-sustained accommodation“ jako počáteční fázi akomodační insuficience. Jako podkategorii akomodační insuficience lze zařadit akomodační únavu. [24]

3.1.2 Obrna akomodace

Obrna neboli paralýza, je velmi vzácně se vyskytující stav projevující se náhlým snížením akomodační amplitudy, což může být důsledek neurologické patologie. Původ obrny akomodace má organickou příčinu, např. infekce, glaukom, otrava olovem, trauma nebo diabetes. Jedná se o akutní stav, a proto je nutné kompletní vyšetření neurologa či jiných adekvátních lékařských specializací. [24] [25]

Symptomy doprovázející obrnu akomodace, která může být unilaterální nebo bilaterální, se různí na základě refrakčního stavu pacienta, ale vždy se projeví zejména do blízka. Emetrop bude mít rozmazané vidění do blízka, hypermetrop bude pociťovat změnu na všechny vzdálenosti a myop bude mít mírné symptomy. Společně s akomodací je ovlivněna i konvergence a zornice se nachází v dilatovaném stavu. [6] [9]

Pokud je to možné, je nutné nejdříve odstranit příčinu. Následně může dojít ke korekci refrakčního stavu do blízka v podobě plusové adice a prizmatické korekce bázi nazálně (BI). [6]

3.1.3 Exces akomodace

Jedná se o akomodační poruchu, která je charakteristická nadměrnou akomodací. [6] Pacient trpící akomodačním excesem má problémy s činnostmi vyžadující relaxaci akomodace. Často se vyskytujícím stavem je kombinace konvergentní insuficience a akomodačního excesu, která vzniká sekundárně v důsledku nadměrné akomodační konvergence. [24]

Exces akomodace je často nazýván jako akomodační spasmus nebo pseudomyopie. Na základě podobných symptomů a výsledků diagnostických vyšetření, lze považovat akomodační spasmus za závažnější formu akomodačního excesu. Z tohoto důvodu nedochází při diagnostice těchto poruch k odlišení a jsou pokládány dle některé literatury za totožný stav. [24] [25]

Exces akomodace je charakterizován astenopií a bolestmi hlavy při provádění činností do blízka. Fotofobie, problémy s koncentrací či diplopie mohou být přítomny u této akomodační anomálie. Neostré vidění se vyskytuje při fixaci předmětů do blízka i do dálky. Charakteristické pro rozostřené vidění v souvislosti s akomodačním excesem je častá variabilita a zhoršení v průběhu dne nebo po značné práci do blízka. [24]

Hodnoty zrakové ostrosti budou u akomodačního excesu proměnné. Snížené hodnoty oproti normě vykazují vyšetření MEM retinoskopie a negativní relativní akomodace (NRA). Obtížně zvládnutelné je monokulární a binokulární testování akomodační facility, právě po předložení plusové čočky. Obecně jsou obtížně zvládnutelná vyšetření vyžadující relaxaci akomodace. V důsledku provázanosti akomodace a konvergence je u nadměrné akomodace častěji přítomna esoforie než exofovie. [24] [25]

Na základě analýzy dat získaných vyšetřením akomodačního systému není vhodné ihned předepisovat adici jako u insuficience akomodace. Vhodnější volbou bude zrakový trénink, který se provádí po správné korekci refrakčního stavu pacienta. Prvním cílem tréninku je zlepšení schopnosti relaxace akomodace. Existující interakce mezi akomodací a vergencí umožní provádět zrakový trénink s využitím divergentních technik za použití vektrogramů či tranaglyfů. Dále se trénuje i rychlost akomodace za využití minusových a plusových čoček. [24]

3.1.4 Spasmus akomodace

Spasmus neboli křeč akomodace je stav, při kterém dochází ke kontrakci ciliárního svalu bez možnosti relaxace. Důsledkem je stále se zvyšující akomodace. [6] Obdobně jako u excesu akomodace se jedná o stav, kdy je akomodační odezva vyšší než akomodační stimul. [24]

Symptomy spasmu akomodace zahrnují problémy při relaxaci akomodace, které následně vedou k rozostřenému vidění, které je dočasně vnímáno při pohledu do dálky nebo do blízka. Tento stav doprovází i frontálně-temporální bolest hlavy, výjimečně závratě a nevolnost, která je spojená s prací do blízka. Akomodační spasmus může zapříčinit fakultativní hypermetropii, která může v závažných případech vyústit v pseudomyopii. Nejčastěji postihuje mladé dospělé pracující výhradně do blízka po delší časový úsek. [6] [9] [25]

Řešení spasmu akomodace spočívá nejprve v léčbě příčiny, pokud je to možné. Léčba je možná za pomoci atropinu či jiné mydriatické látky, nejedná se však o efektivní formu léčby. Jako prevence může posloužit zrakový trénink, cílený na zvýšení negativní relativní konvergence. [6] Nejvhodnějším řešením akomodačního spasmu je předepsání plusové

korekce, která uvolní akomodaci. Spojná sférická čočka minimalizuje i esoforii, která byla přítomna v důsledku akomodace. [9]

3.1.5 Akomodační infacilita

Akomodační infacilita je stav, při kterém má pacient potíže při změně úrovně akomodační odezvy. Ovlivněna je dynamika akomodace zahrnující přesnost a rychlost akomodační odezvy. V praxi se to projeví při změně pohledu z blízka do dálky a obráceně. [1] [24] [25]

Mezi nejběžnější symptomy se řadí astenopie do blízka, mnutí očí a vyšší frekvence mrkání. Ochablost akomodace ovlivňuje pozornost a koncentraci při čtení. Jako většina akomodačních poruch je i tato charakterizována dočasným rozostřením při pohledu do blízka. Specifickým symptomem je obtíž zaostření při změně pohledové vzdálenosti. [24]

Vzhledem k věku je AA odpovídající a pro diagnostiku akomodační infacility je stěžejní provedení vyšetření akomodační facility za binokulárních i monokulárních podmínek. Test MAF a BAF odhalí tuto anomálii v případě, že pacient nezvládá zaostřit text přes plusovou a minusovou čočku, nebo s tím má problém a je tak naměřen nízký počet cyklů za minutu. Nižší hodnoty jsou naměřeny i u vyšetření NRA a PRA. Tyto testy na rozdíl od ostatních vyšetření hodnotící akomodační systém činí obtíže, neboť vyžadují stimulaci a relaxaci akomodace, která je u akomodační infacility omezena. Akomodační infacilita se může vyskytovat současně s binokulární poruchou. Nejčastěji se jedná o esoforii do blízka. [24] [25]

Akomodační nesnadnost lze trénovat za pomoci akomodačního flipperu na stejném principu jako probíhá vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility. Cílem je nejprve podpořit schopnost stimulace a relaxace akomodace. Další fáze se zaměřuje na rychlost akomodačního mechanismu. Současně lze provádět i zrakový trénink zaměřený na vergenci. V případě, že se jedná o závažný stav, lze předepsat multifokální čočky, neboť předepsání samostatné adice či antikorekce by nebylo vhodné. [24] [25]

3.2 Poruchy vergence

Jedná se o nestrabické binokulární poruchy charakteristické nesprávnou funkcí vergenčního systému. [24] Binokulární poruchy jsou diagnostikovány u osob, které mají neodpovídající koordinaci očních bulbů jako páru. [25]

Mezi nejčastější symptomy popisované pacienty trpící vergenční poruchou, patří bolesti hlavy, dvojitě vidění, rozostřené a deformované vidění, špatná stereopse nebo astenopie. [1]

Každá z dále uvedených poruch je specifická ve svém řešení, které bude navrženo u každé z nich. Obecně lze stanovit postup sestávající se z následujících kroků: (1) odstranění příčiny

způsobující dekompenzaci heteroforie, (2) stanovení správné sférocylindrické korekce, (3) zvolení vhodného zrakového tréninku, (4) předepsání specifické korekce, kterou může být prizma, adice či antikorekce. Poslední možností řešení (5) je provedení chirurgického zákroku. [1] [9] [25]

Obecně je zrakový trénink doporučován s ohledem na jeho účinnost zejména u exoforie. U esoforie je možnost podstoupení zrakového tréninku, ale je zde nižší úspěšnost. Trénink vertikální heteroforie má ještě nižší účinnost než u zmíněné esoforie, a proto se vertikální chyby řeší prizmatickou korekcí. [1] [25]

Duanova klasifikace byla původně sestavena pro klasifikaci strabismu, později byla rozšířena Taitem na klasifikaci nestrabických binokulárních poruch. Tait binokulární anomálie definoval na základě typu heteroforie do blízka a do dálky. Na klasifikaci poruch se podílel i Wick, který ji sestavil na základě výsledků forie do dálky (tonická vergence) a AC/A poměru. Wickova klasifikace binokulárních poruch definuje devět možných diagnóz na rozdíl od Duana, jehož rozdělení čítalo 4 poruchy. [24]

3.2.1 Insuficience konvergence

Insuficience konvergence je poměrně často se vyskytující stav charakteristický neschopností získat nebo udržet odpovídající konvergenci pro pohodlné binokulární vidění do blízka. [1] [6] [24] Tato binokulární porucha se vyskytuje skrze všechny věkové skupiny. [24]

Symptomy konvergenční nedostatečnosti jsou typicky spojené s pohledem do blízka a zahrnují bolest a pocit unavených očí, občasné rozmazání či rozdvojení obrazu, bolesti hlavy, problémy s koncentrací a pocit ospalosti při čtení. Tyto symptomy jsou přítomny u pacienta trpícího insuficiencí konvergence zejména ke konci dne. Pokud exoforie do dálky dosahuje vyšších hodnot, je pravděpodobné, že většina symptomů bude přítomna nejen u pohledu do blízka, ale i do dálky. [1] [6] [9] [24]

Konvergenční insuficience může být způsobena nekorigovaným refrakčním stavem jedince, který na určitou vzdálenost nemá odpovídající akomodaci a tím pádem ani konvergenci. Vliv na konvergenci mají i anatomické faktory, jako například pupilární vzdálenost (PD). [1] [6]

Stanovení blízkého bodu konvergence a jump-convergence, neboli skoková konvergence, je důležité pro vyhodnocení přítomnosti insuficience konvergence. Insuficience konvergence je specifická tím, že jako jediná akomodačně-vergenční porucha má vzdálený blízký bod konvergence. NPC se nachází dále, než je norma, která je 7–10 cm. [1] [6] [24] [25]

V případě konvergenční insuficience je přítomna orthoforie či exoforie do dálky a větší exoforie do blízka jedná se tak o poruchu s nízkým AC/A poměrem. Diagnózu této poruchy

potvrdí dále snížená pozitivní fúzní vergence (PFV), nízká MEM retinoskopie i nízké hodnoty NRA. Obtížné proveditelné bude i vyšetření BAF, u kterého zaznamenejeme problémy se zaostřením po předložení plusových dioptrií, právě z důvodu neschopnosti relaxace akomodace nebo snížené PFV. [24]

Insuficience konvergence je často doprovázena convergence weakness exophoria, neboli konvergenční slabostí způsobená exoforií, která se vyznačuje dekompenzovanou exoforií do blízka, nebo se může vyskytovat až v polovině případů i v kombinaci s akomodační insuficiencí. [1] [25]

Nedostatečnost konvergence velmi dobře reaguje na zrakový trénink, který se provádí denně po dobu 2–4 týdnů a jehož podstatou je zachování jednoduchého obrazu. Obvykle je kladen i důraz na to, aby byl objekt vidět ostře právě kvůli časté kombinaci s akomodační poruchou. Mezi zraková cvičení zlepšující konvergenci řadíme tzv. „push-up“ test, při kterém pacient plynulým pohybem přibližuje pozorovaný objekt směrem ke kořeni nosu nebo „jump-convergence“ test. Při tomto testu dochází ke střídání fixace předmětů umístěných ve dvou vzdálenostech, přičemž vzdálenost bližšího předmětu odpovídá minimálně hodnotě NPC daného klienta. Jako objekt lze použít Brockovo vlákno. [1] [9] [24] [25]

Východiskem pro léčbu insuficience konvergence je v každém případě stanovení korekce, zejména pokud se jedná o významnější myopii. [24] Výjimečně lze insuficienci konvergence řešit antikorekcí, která aktivuje akomodační konvergenci. V případě, že je insuficience konvergence doprovázena insuficiencí akomodace, je vhodné předepsat prizmatickou korekci. [1]

3.2.2 Exces konvergence

Exces konvergence se projeví zejména při pohledu do blízka. Nadměrná akomodace je obvykle jednou z hlavních příčin excessu konvergence. Mezi další faktory způsobující nadměrnou konvergenci se řadí nekorigovaná hypermetropie, latentní hypermetropie, počáteční presbyopie nebo křeč triády do blízka. Konvergenčním excesem nejčastěji trpí jedinci od 14 do 20 let. [1]

Frontální bolest hlavy, únava očí a rozmazané vidění do blízka jsou časté symptomy charakterizující konvergenční exces a bývají obvykle přidruženy k dlouhotrvající práci do blízka při nepřiměřené vzdálenosti. Dále je exces doprovázen dočasnou diplopií, pocitem ospalosti při čtení nebo pálením a slzením očí. Problémy mohou nastat i při snaze zaostřit objekt v dálce po delší práci do blízka. [1] [24] Symptomy jako intermitentní diplopie, rozmazané

vidění a astenopie mohou být přítomny i do dálky v případě nezanedbatelné esoforie, kterou do dálky naměříme. [24]

Diagnostika je založena na gradientní metodě změření AC/A poměru, který je u excesu vyšší než 6 prizmatických dioptrií (pdpt) na 1 sférickou dioptrii. Dalším nálezem je vyšší hodnota prizmatické korekce esoforie do blízka než do dálky, u které můžeme vyhodnotit menší esoforii či orthoforii. [1] [24] [25] Stanovení nízkých hodnot vergenční amplitudy prizmaty BI stejně jako nižší výsledky vergenční facility a PRA jsou důkazem přítomnosti diagnózy konvergenčního excesu. Typické pro tuto binokulární vergenční poruchu jsou i nižší hodnoty BAF, zapříčiněné horší schopností zaostřit text přes minusovou čočku, nebo vyšší hodnoty MEM retinoskopie. V případě binokulárního předložení sférických minusových čoček u stanovení BAF a PRA je vhodnější se ptát na diplopii než na rozostřený obraz. [24]

První pomoc u excesu konvergence je přizpůsobení pracovní vzdálenosti na minimum 35 až 40 cm a celkové zlepšení zrakových návyků. Dále je důležité stanovit odpovídající refrakční korekci. V závislosti na vysokém AC/A poměru je vysoce účinné předepsání adice na blízko, která odpovídá minimální možné plusové hodnotě eliminující symptomy. Vhodné je předepsání bifokální či multifokální korekce, pokud byla vyloučena přítomnost latentní hypermetropie a akomodačního spasmu. [1] [24] [25]

Pokud je významně snížena negativní fúzní vergence (NFV), je přítomna větší esoforie a pacient pozitivně nereaguje na předepsanou korekci je vhodné doporučit zrakový trénink. [24] Zrakový trénink u excesu konvergence je cílený na zvýšení PRA i NFV, při které nedochází ke změně akomodace, ale k pohybu očí divergentním směrem. [1] [24] Právě pohyb divergentním směrem je cílem počáteční fáze zrakového tréninku, při které by se měl pacient naučit dobrovolně konvergovat a divergovat v úseku od 5 cm do 6 m. K tomu se nejčastěji používá Brockovo vlákno. [24]

3.2.3 Insuficience divergence

Insuficience divergence je považována za nejméně častou anomálii, která je spjatá zejména s pohledem do dálky, neboť při pohledu do dálky je přítomna větší esoforie než do blízka. [1] [9] [24]

Pacient trpící insuficiencí divergence bude popisovat bolest hlavy ve frontální oblasti, která bude přetrvávat, na rozdíl od ostatních symptomů, do druhého dne. [1] Nejčastěji se vyskytujícím symptomem divergentní insuficience je intermitentní diplopie, která je evidentní do dálky. Mezi další symptomy projevující se ke konci dne řadíme dočasné rozostření obrazu

do dálky, oční únavu, nevolnost, závrať, problémy se zaostřením při pohledu z dálky do blízka nebo citlivost na světlo. [24]

Jedná se o vergenční binokulární poruchu s nízkým početním AC/A poměrem. Při stanovení vergenční amplitudy naměříme nižší hodnoty NFV do dálky. Současně bude snížena i vergenční facilita při předložení prizmat bází nazálně. [24]

Insuficienci divergence lze zaměnit s esofoří do dálky, která vznikla v důsledku paralýzy *nervus abducens*. Odlišovacím znakem ochrnutí je přítomnost inkomitantní úchylny a náhlý nástup symptomů. Důležité je odhalit případnou paralýzu, neboť se jedná o závažný stav, který může vést ke komplikacím, a proto je nutné vyšetření neurologem. [1] [24]

Řešením insuficience divergence může být modifikace refrakční korekce, která je založena na předepsání plné plusové korekce do dálky. [1] Obecně však předepsání správné korekce nemá velký význam na zmírnění symptomů doprovázející divergentní nedostatečnost. Ve většině případů je nejúčinnější předepsání nejmenší možné prizmatické korekce, která eliminuje symptomy, a proto je doporučována prizmatická korekce jako první volba léčby insuficience divergence. [24]

Pokud předepsaná prizmatická korekce neeliminuje pacientovy symptomy je současně doporučen zrakový trénink. Zrakový trénink je založen na vnímání fyziologické diplopie u objektů nacházejících se ve vzdálenosti 3–6 metrů a zhruba ve 40 cm. Z počátku je doporučováno začínat na kratších vzdálenostech, neboť je zde vyšší pravděpodobnost úspěchu. Pacient je požádán, aby vnímal rozdvojený obraz u objektu, na který nefixuje. Současně musí být pacient srozuměn s rozdílem zkřížené a nezkřížené fyziologické diplopie, která hraje roli při tomto zrakovém tréninku. Postupně dochází ke střídání fixace vzdáleného a blízkého předmětu. Cílem tréninku je zvýšit NFV do dálky a zlepšit vergenční facilitu, která umožní pacientovi provádět rychlé změnyvergence a akomodace bez diplopie. Současně může napomoci zlepšení insuficience divergence trénink PRA. [1] [24]

3.2.4 Exces divergence

U divergentního excesu je přítomna významnější exoforie do dálky než do blízka a jejich rozdíl činí nejméně 7 pdpt. [1] [24] [25] Nadměrná divergence je častěji diagnostikována u žen než u mužů. [1]

Pacienti s excesem divergence nepociťují žádné subjektivní příznaky. Přítomna může být intermitentní diplopie, ale vzhledem k častě se vyskytující supresi nebo ARC nečiní diplopie problémy. Někteří pacienti zvládají vykompenzovat úchylnu do dálky nadměrnou akomodací, proto mohou popisovat neostré vidění do dálky. Divergentní exces se odhalí na základě

vyšetření, ke kterému dochází poté, co přátelé či příbuzní upozorní daného jedince na divergentní postavení očí při pohledu do dálky. [1] [24] Pacienti trpící touto poruchou mohou být senzitivní na přímé a jasné světlo, které je nutí k zavření jednoho z očí. [24]

Základním vyšetření pro diagnostiku excesu divergence je změření fúznívergence. Při stanovení fúzních rezerv jsou u této vergenční poruchy očekávány abnormálně vyšší hodnoty divergentní amplitudy do dálky. Prizma předložené bází nazálně, nutí k divergenci, proto je doporučováno použít testovou značku, na které lze odhalit případnou supresi. PFV je snížena do dálky, do blízka je snížena NFV. Divergentní excés je charakteristický vysokým AC/A poměrem ať už se jedná o poměr zjištěný gradientní či početní metodou. [1] [24]

Korekce ametropie se odvíjí od refrakční vady, neboť v případě korekce myopie, může dojít ke zlepšení excesu divergence navozením akomodační konvergence. [24] Některé případy diagnostikovaného excesu pozitivně reagují na zrakový trénink, který zvyšuje pozitivní fúzní rezervy. Účinný zrakový trénink PFV lze provést pomocí prizmatické lišty, která se přikládá bází temporálně (BO) a snahou je udržet fúzi pozorovaného objektu v dálce. Vzhledem k časté přítomnosti suprese u divergentního excesu je doporučováno ortoptické cvičení s haploskopickým přístrojem (např. stereoskop). [1] [25]

Další forma zrakového tréninku, který je u excesu divergence velmi účinný, je shodný se zrakovým tréninkem insuficience divergence, který spočívá v přítomnosti fyziologické diplopie. Právě vysoká účinnost zrakového tréninku minimalizuje použití horizontální prizmatické korekce. [1] [24]

Zrakový trénink nemusí být účinný v případech, kdy je excés divergence zkombinován s hyperforií nebo má pacient hodně vysoký AC/A poměr. Zrakový trénink lze nahradit předepsáním bifokální korekce, jejíž záporná adice do dálky aktivuje akomodační konvergenci, nejedná se však o dlouhodobé řešení, protože je akomodační systém vystaven vyšším akomodačním požadavkům. [1] [24] Dodatečná mínusová korekce má dioptrickou hodnotu nejmenší možné rozptylky, která umožní fúzi. S probíhajícím zrakovým tréninkem dochází ke snížení záporné adice v závislosti na zlepšující se fúzi. [24]

3.2.5 Základní esoforie

Základní esoforie je definována jako stav s vysokou tonickou vergencí a s normálním AC/A poměrem. Výsledkem je přibližně stejně velká esoforická úchylka do dálky i do blízka. [24]

Základní esoforie je přítomna na všechny vzdálenosti, a proto pacient pociťuje obtíže při práci do blízka nebo do dálky. Symptomy do blízka zahrnují únavu očí, bolesti hlavy, rozmazané vidění, diplopii, ospalost a problémy s koncentrací. Do dálky pacient trpící touto

poruchou zaznamenává rozmazané vidění a diplopii. Obvykle se symptomy projeví až v průběhu dne. [24]

Sníženy jsou negativní fúzní rezervy na obě vzdálenosti. [1] [24] Nízké hodnoty oproti normě naměříme i u několika vyšetření včetně vergenční facility bází nazálně. Testy prováděné binokulárně s mínusovou čočkou umožní vyhodnotit schopnost stimulace akomodace a kontrolu binokulárního postavení očí za využití NFV. Tohoto jevu využívá vyšetření PRA a BAF, která odhalí nižší hodnoty. Charakteristický nález u PRA a BAF v přítomnosti základní esoforie je častější přítomnost diplopie než rozmazaného vidění. V případě provedení MEM retinoskopie zjistíme vyšší hodnoty oproti očekávané normě. [24]

Tuto nestrabickou binokulární anomálii často doprovází hypermetropie, a právě ve spojitosti s normálním AC/A poměrem, vede korekce refrakční vady ke snížení esoforické úchylky. [24] Pro diagnostiku je však důležité cyklopegickým vyšetřením vyloučit přítomnost fakultativní hypermetropie. [25]

U dekompenzované esoforie je tedy důležitá plná plusová korekce, která je limitována zrakovou ostroť do dálky. Proto je vhodné zvolit bifokální čočku, která pacientovi pomůže do blízka, ale neomezí ho do dálky. [1] [25] V případě přetrvávajících problémů, lze doporučit zrakový trénink, který je podobný zrakovému tréninku pro exces konvergence. Řešením může být i předepsání prizmatické korekce, která je u základní esoforie účinnější než u základní exoforie. [24] [25]

3.2.6 Základní exoforie

Základní exoforie má do dálky i do blízka stejně jako základní esoforie stejnou hodnotu úchylky. Z tohoto důvodu je AC/A poměr v normě. [1] [24] [25] Na vzniku exoforického stavu se podílí anatomické faktory a hyperfunkce abduktoru, *m. r. lateralis*. [1]

Obtíže u základní exoforie jsou mírnější v porovnání se základní esoforií, neboť v případě exoforického stavu dochází často k supresi. Pokud k supresi nedojde, pacientovy symptomy zahrnují frontální bolest hlavy, zrakovou únavu a někdy i intermitentní diplopii, zejména při pohledu do blízka. [1] [24] Obtíže jsou přítomny i při pohledu do dálky z důvodu srovnatelně velké exoforie jako do blízka. [24]

Jedná se o stav s nízkou tonickou vergencí a diagnostiku základní exoforie potvrdí i nález snížené PFV do blízka i do dálky. Nízkých hodnot dosahují měření vergenční facility bází temporálně, NRA i MEM retinoskopie. Problematické je binokulární předsazení plusových čoček u vyšetření akomodační facility, které negativně ovlivní výsledky. Pokud je přítomna vyšší hodnota exodeviace je možné, že bude vzdálený blízký bod konvergence. [24]

Exoforie v kombinaci s myopickým refrakčním stavem může být kompenzována do dálky i do blízka předepsáním odpovídající korekce myopického stavu. [24] Pokud se jedná o dekompenzovaný exoforický stav, je doporučen zrakový trénink nebo předepsání antikorekce, která se odvíjí od akomodační amplitudy jedince. [1] [25] Aby bylo úspěšné předepsání antikorekce, je žádoucí, aby měl pacient normální či lehce vyšší hodnoty AC/A poměru [1]. Dodatečné předepsání vyšší minusové korekce není trvalým řešením, jako u adice v případě základní esoforie, ale slouží jako dočasné řešení a jako pomůcka při zrakovém tréninku. Léčba základní exoforie pomocí prizmat není častým řešením vzhledem k úspěšnosti zrakového tréninku. [24]

Cílem zrakového tréninku je (1) minimalizovat přítomnost suprese, (2) zvýšit hodnoty konvergenčních fúzních rezerv a/nebo negativní relativní akomodace a (3) seznámit klienta s fyziologickou diplopií, která se používá jako kontrolní prvek při zrakovém tréninku. Tento postup se uplatní i v případě divergentního excessu. Obvykle používané techniky zrakového tréninku zahrnují Brockovo vlákno. Další účinnou metodou u exoforického stavu je metoda zrakového tréninku zvaná „Three cats“ v překladu Tři kočky. [1] [24]

Zrakový trénink „Three cats“ se zaměřuje na zlepšení vztahu mezi konvergencí a akomodací, k čemuž využívá pevnou kartu s dvěma obrazy nekompletních kreslených koček. Pacient fixuje předmět (např. tužka) v úrovni očí v prostoru mezi ním a kartou, která se nachází ve vzdálenosti, která není kratší než vzdálenost NPC. Fixace tohoto předmětu navodí fyziologickou diplopii u obrazů na kartě a cílem je pomocí fúze vytvořit třetí kompletní kočku, která se nachází mezi dvěma nekompletními obrazy, proto název „Three cats“. Toho pacient docílí lehkou úpravo vzdálenosti fixovaného předmětu. Pacient se současně snaží udržet ostrý obraz, což vyžaduje zachování konvergence a relaxaci akomodace. Tento typ zrakového tréninku lze později provádět i bez fyzického fixačního předmětu. Modifikací je použití průhledné karty, která slouží k tréninku esoforického stavu, při kterém je karta mezi pacientem a fixovaným předmětem. [1] [14] [25]

4 Akomodační facilitita

Hodnocení akomodačního systému zahrnuje stanovení akomodační amplitudy, stanovení negativní a pozitivní relativní akomodace, MEM retinoskopii a vyšetření akomodační facility, která se hodnotí primárně binokulárně, ale lze stanovení akomodační facility provést i monokulárně. Wick a Hall ve své studii potvrdili důležitost stanovení jednotlivých testů a jejich vzájemnou nenahraditelnost, zejména při podezření na akomodační poruchu. Vyšetření akomodační facility za binokulárních podmínek umožní nepřímé hodnocení vergenčního systému z důvodu fyziologického propojení procesu akomodace a konvergence. [14] [24]

4.1 Definice

Akomodační facilitita neboli akomodační snadnost je definována jako schopnost rychlé a přesné změny akomodačního stavu, při kterém nedochází ke změně aktivní vergence, protože se nemění vzdálenost objektu. Ke změně vergence dochází sekundárně v důsledku akomodace a desakomodace. [1] [2] [20] [26]

Vyšetření akomodační facility je subjektivní test, který si klade za cíl stanovit výdrž a dynamiku akomodační odezvy. [24] [27]

4.2 Diagnostika

V klinické praxi je obecně rozšířená metoda stanovení akomodační facility za pomoci akomodačního flipperu (Obrázek 4-1) tvořeného párem plusových a minusových sférických čoček. Dva páry čoček se nachází v jedné rovině a jsou upevněny na rukojeti, při jejímž otočení o 180° dojde k výměně čoček. Flipper lze použít pro diagnostiku nebo při zrakovém tréninku akomodačního či vergenčního systému. [1] [7] [20] [26]



Obrázek 4-1: Akomodační flipper $\pm 2,0$ dpt [28]

Binokulárním vyšetřením akomodační facility nepřímo stanovujeme fúzní vergenci. Pozitivní fúzní vergence, je hodnocena na základě výsledků binokulární akomodační facility plusovou čočkou a negativní fúzní vergence je dána čočkou mínusovou. Výsledky tohoto testu mohou být použity k potvrzení nebo vyvrácení konkrétní binokulární poruchy. Stav akomodačního systému je hodnocen monokulárním i binokulárním měřením akomodační facility pouze v případě, že byla vyvrácena přítomnost poruchy vergenčního systému. [24]

Pokud má pacient problém s plusovou a mínusovou čočkou binokulárně i monokulárně, pravděpodobně trpí akomodační poruchou. Jestliže jsou hodnoty u monokulární akomodační facility v normě a problém byl pouze u binokulárního testu akomodační facility, lze očekávat poruchu vergenčního charakteru, která může, ale i nemusí indikovat akomodační anomálii. [24]

4.3 Princip vyšetření

Vyšetření akomodační facility se dá provést jednoduchou technikou zahrnující střídání pohledové vzdálenosti do blízka (40 cm) a do dálky. Ke změně vzdálenosti, na kterou pacient fixuje, dochází vždy po zaostření pozorované testové značky. [2] [27]

Alternativní způsob, jak měnit akomodaci je předkládáním plusové a mínusové čočky při binokulární fixaci předmětu na jednu vzdálenost. Tato metoda vyšetření akomodační facility je v klinické praxi rozšířena a provádí se nejčastěji za pomoci flipperu s hodnotou $\pm 2,0$ dpt. [2] [20] [24] [26]

Obě metody stanovení MAF a BAF se vyšetřují po dobu 1 minuty. Výsledky jsou uváděny v počtu cyklů za minutu (cpm). [1] [2] [24]

4.3.1 „Near-far“ test

Cílem testu je určit flexibilitu akomodačního systému rychlým střídáním pohledové vzdálenosti za monokulárních i binokulárních podmínek. [2]

Vyšetření akomodační facility se provádí na minimální vzdálenost 4 m, preferována je však vzdálenost 6 m, ve které se nachází optotyp o hodnotách 0,8–0,66. Umístění optotypu na blízko vychází ze 2/3 akomodační amplitudy (Obrázek 4-2). Pacient má při vyšetření korekci na dálku. [2]

Během samotného vyšetření pacient střídá co nejrychleji fixační vzdálenost poté, co dojde k zaostření pozorované značky na druhou vzdálenost. Jeden cyklus je definován jako dvě změny pohledové vzdálenosti, tedy změna z dálky do blízka a z blízka do dálky. [2] [27]



Obrázek 4-2: „Near-far“ test – princip vyšetření [28]

4.3.2 „Flipper lens“ test

Účelem je stanovit schopnost akomodačního systému reagovat na číčkami vytvořený stimul. Vyšetření probíhá na čtecí vzdálenost, nejčastěji 40 cm (akomodační stimul odpovídá $-2,5$ dpt), ve které se nachází nejčastěji čtecí tabulka do blízka s textem odpovídající zrakové ostrosti 0,66. Pacientovi s jeho dálkovou korekcí jsou binokulárně střídavě předkládány plusové a minusové čočky (Obrázek 4-3). Pokud uvážíme předložení nejčastěji používaného flipperu $\pm 2,0$, tak dojde k vytvoření akomodačního stimulu, který se bude měnit z $-0,5$ dpt na $-4,5$ dpt.

Výměna plusové a mínusové čočky proběhne co nejrychleji, jakmile dojde k zaostření fixovaného předmětu. Za jeden cyklus je považována změna plusové čočky na mínusovou a zpět na plusovou. [2] [14] [24] [26] [29]



Obrázek 4-3: „Flipper lens“ test - princip vyšetření [25]

Na stejném principu se provádí vyšetření akomodační facility i do dálky (6 m), které však není v klinické praxi často prováděno. Rozdíl ve vyšetření MAF a BAF do dálky a do blízka je ten, že do dálky se používají čočky s hodnotou plan a $-2,0$ dpt. Plusová sférická čočka se do dálky nepoužívá, protože by došlo k zamlžení pacienta. Doporučená velikost optotypu do dálky má hodnotu 0,66. [30] [31] [32]

Binokulární akomodační facilitita

Binokulární akomodační facilitita stanovuje schopnost akomodačního systému reagovat na stimul a současně dochází k flexibilní a odpovídající změněvergence za účelem zachování JBV. [14]

Vyšetření BAF plusovou čočkou je podobné vyšetření NRA, neboť obě vyšetření vyžadují zachování konvergence s měnícím se akomodačním stimulem. Po předložení čoček s hodnotou $+2,0$ dpt musí dojít k uvolnění akomodace, aby byl zachován ostrý obraz. Akomodační odezva nebude odpovídat stimulu, ale bude zhruba o 10% nižší. Desakomodace způsobí reflexivní uvolnění akomodační konvergence v přibližné hodnotě dvojnásobku AC/A poměru, což způsobí dvojitě vidění. Kompenzace divergentního pohybu očí je zajištěna PFV. [14] [24]

Měření binokulární akomodační facility bude obtížné nebo nezměřitelné po předsazení plusové čočky u pacientů, kteří mají neadekvátní pozitivní fúzní rezervy či nejsou schopni relaxace akomodačního systému. Pokud test zaostří při monokulárních podmínkách, tak limitujícím faktorem vyšetření BAF je PFV. [24]

Předsazení druhé varianty čoček flipperu umožní zhodnocení negativních fúzních rezerv. Binokulárně předložené minusové čočky s dioptrickou hodnotou $-2,0$ dpt stimulují akomodaci, která je doprovázena nárůstem akomodačnívergence. Množství dodatečné konvergence přímo souvisí s AC/A poměrem. Aby byl obraz viděn jednoduše, poté co dojde k odpovídající akomodaci a konvergenci, musí být dodatečná akomodační konvergence kompenzována fúzní divergencí. [14] [24]

Vyšetření BAF je ukončeno v případech, kdy vyšetřovaný není schopen udržet ostrý obraz, který nebude viděn dvojitě. Pokud se jedná o neodpovídající akomodační odezvu, tak pacient uvidí po zakrytí jednoho z očí obraz rozostřený. Pokud monokulárně bude viděn obraz ostře, limitujícím faktorem vyšetření BAF jsou neadekvátní negativní fúzní rezervy. [24]

Zmíněná metoda může být nahrazena vyšetřením PRA, neboť ta také vyžaduje udržení konvergence na specifickou vzdálenost v důsledku měnícího se akomodačního stimulu. [24]

Pokud má pacient problém s nejčastěji používanou dioptrickou hodnotou flipperu $\pm 2,0$ dpt je možné vyšetření zopakovat s nižší dioptrickou hodnotou $\pm 1,5$ dpt nebo i dokonce s hodnotou $\pm 1,0$ dpt. Použití flipperu s nižší hodnotou nemá značný vliv na očekávané výsledné hodnoty, s jistotou to však ovlivní interpretaci výsledků vyšetření akomodační facility. V případě problémů při testování akomodační facility binokulárně, lze stanovit monokulární akomodační facilitu. [2] [24] [25]

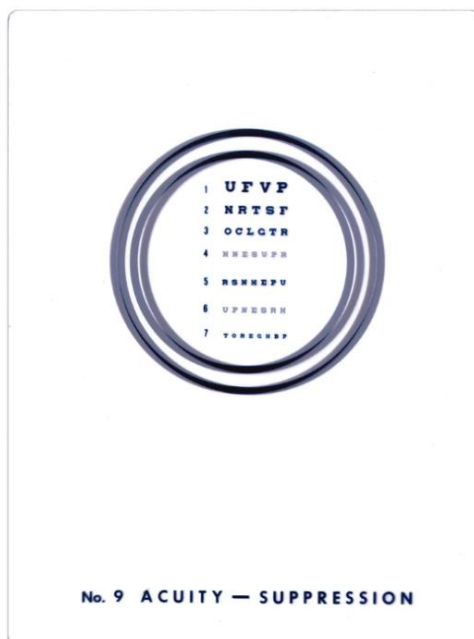
Monokulární akomodační facilitita

Vyšetření akomodační facility za monokulárních podmínek hodnotí pouze akomodační systém, který je nucen provádět rychlé a velké změny v akomodační odezvě. Akomodační stimul je změněn z $+2,0$ dpt na $-2,0$ dpt s každou fixací. [24]

4.3.3 Fixační stimul

Akomodační facilitita se vyšetřuje na čtecí tabulce do blízka nebo lze použít „Gulden fixation stick“. V případě podezření či v přítomnosti proměnné suprese, je doporučováno u vyšetření BAF zajistit kontrolní prvek ve formě disociované kontrolní značky, která je důležitá pro identifikaci případné suprese. Obecně je rozšířeno používání polarizovaného Bernellova vektogramu č. 9 (Obrázek 4-4), který má i fúzní podnět viděný oběma očima. Eperjesi

doporučuje použít vertikální OXO test, který je součástí vyšetřovací Malletovy jednotky do blízka. Tyto testové značky lze nahradit jiným binokulárním testem u kterého lze kontrolovat případnou supresi. [1] [2] [20] [24] [26]



Obrázek 4-4: Polarizovaný Bernellův vektogram č.9 [28]

Rockova karta

Vyšetření mladších dětí může být složitější, a proto je doporučováno použít jako testovou značku akomodační rockovu kartu. Jedná se o sadu několika karet s různou hodnotou zrakové ostrosti. Optometrista instruuje dítě tak, aby při každé změně předložené čočky přečetlo další odpovídající číslo, písmeno či řeklo jaký vidí obrázek, což slouží jako kontrola odpovídající změně akomodace. Rockova karta může také obsahovat tři až pět písmenná slova. [24] [28]



Obrázek 4-5: Rockova karta v kombinaci s anaglyfním filtrem [28]

4.3.4 Norma MAF a BAF

Obecně minimální hodnoty binokulární akomodační facility u dospělých mají hodnotu 12 cpm. Výsledky monokulární akomodační facility by měly být vyšší než hodnoty binokulární a to o 2–3 cpm. [2] Hoffman a Rouse (1980) došli k závěru, že rozdíl více jak 2 cpm mezi pravým a levým okem při monokulárním testování akomodační facility, by měl být považován za možný ukazatel akomodačních obtíží, zejména pokud jsou přítomny zrakové obtíže do blízka. [26]

Původní normy vyšetření MAF a BAF byly stanoveny na základě provedených měření u mladých dospělých. Následná studie Scheimana et al. uvedla nespolehlivost testování akomodační facility u dětí mladších 8 let a také doložila, že stanoveným normám neodpovídají výsledky akomodační facility u dětí školního věku. Novější výzkum Siderova a DiGuglielma naznačil, že těmto normám neodpovídají ani dospělí ve věkové skupině 30 až 42 let, u kterých zaznamenali nižší hodnoty (Tabulka 4-1). [24] [26] [33]

Yothers et al. stanovil na základě svého výzkumu alternující metodu měření binokulární akomodační facility, která vychází z naměřených hodnot AA metodou „push-up“, jejíž hodnoty se snižují s přibývajícím věkem. Měření binokulární akomodační facility vycházející z naměřených hodnot AA přesněji diferencuje symptomatické a asymptomatické děti i dospělé než tradiční testování s použitím flipperu $\pm 2,0$ dpt na vzdálenost 40 cm. [20] [24]

Obecně je interpretace výsledků obtížná z důvodu širokého rozsahu získaných dat při testování akomodační facility, což je dáno skutečností, že se jedná o velmi subjektivní měření. Proto pouze na základě toho to vyšetření nelze stanovovat diagnózu. [25]

Tabulka 4-1: Očekávané hodnoty akomodační facility

Typ testu	Literatura	Věková skupina	Norma (cpm)			
			MAF		BAF (polarizovaný test)	
			Střední hodnota	Odchylka	Střední hodnota	Odchylka
Flipper ±2,0	Zellers et al. 1984 [14] [20] [33] [34]	dospělí 18-30	11	5	8	5
	Scheiman et al. 1988 [33]	6 let	5,5	2,5	3	2,5
		7 let	6,5	2	3,5	2
		8-12 let	7	2,5	5	2,5
	Henshall & Rowe 2002 [6]	dospělí	11	-	8	-
	William J. Benjamin [2]	dospělí	17	5	13	3
	Burge (1979) [35]	6-30 let	12,6	4,6	7,05	4,25
11,6			4,25			
„Amplitude scaled facility“	Scheiman [24]	dospělí 13 let ≤	-	-	10	5
„Near-far“ test	William J. Benjamin [2]	dospělí	20	5	16	4

Hennessey i Levine ve svých výzkumech potvrdili, že symptomatictí pacienti mají snížené hodnoty monokulární i binokulární akomodační facility. Jedná se zejména o symptomy přítomné při pohledu do blízka. Poruchy akomodačního i vergenčního systému se projeví změřením nižších hodnot BAF, současně nemusejí hodnoty AA vypovídat o přítomné poruše zrakového systému. Dle Scheimana lze symptomy očekávat u pacientů, kteří při vyšetření BAF zvládly méně než 10 cyklů za 1 minutu. [20] [24] [26]

4.4 Postup vyšetření

Vyšetření akomodační facility vyžaduje přesnou plnou plusovou nebo nejslabší minusovou korekci včetně binokulárního vyvážení. Pro základní měření akomodační facility, které je v praxi využíváno, je potřeba akomodační flipper a fixační stimul. Měření akomodační facility

probíhá s dálkovou korekcí pacienta. Pokud však pacient používá korekci na blízko, proběhne stanovení akomodační facility s touto korekcí. Vyšetření se provádí obvykle na vzdálenost 40 cm od pacienta, kde je v úrovni očí držena testová fixační značka. [20] [24]

V závislosti na literatuře se různí doporučený postup vyšetření akomodační facility. Rozdíl nalezneme nejen u prvního předsazení čoček, zdali se má jednat o čočky plusové [20] [25] [33] [35] [36] nebo minusové [37], ale i u postupu, zdali provést nejdříve hodnocení monokulární akomodační facility [20] [35] [38] nebo nejprve provést měření akomodační facility za binokulárních podmínek. [24] [25]

Boleslaw Kedzia i Angel García na základě svých studií preferují provedení testu akomodační facility nejdříve za monokulárních podmínek a poté až za podmínek binokulárních [35] [38]. Opačný pohled na posloupnost vyšetření má Bruce Evans, Mitchell Scheiman i Bruce Wick, kteří upřednostňují vyšetření BAF. K vyšetření MAF přistoupí až v případě, že výsledky BAF jsou nízké, anebo se nepodařilo provést tuto formu vyšetření na podkladě přítomnosti suprese či diplopie. [24] [25]

4.4.1 Postup vyšetření u dětí nebo mladých dospělých

Pacienta požádáme, aby se pokusil o co nejrychlejší zaostření testové značky, která musí být viděna jednoduše. Jakmile uvidí značku ostře a jednoduše, oznámí nám tuto skutečnost a dojde k rychlému otočení flipperu na druhou sadu čoček. Celý proces se opakuje po dobu jedné minuty. Pokud dojde k nežádanému efektu v podobě suprese, je pacient nutný toto ihned nahlásit. V případě, že má pacient problém s touto formou testu, není schopen zaostřit obraz po předsazení minusové či plusové čočky nebo bylo změřeno málo cyklů, je doporučeno provést vyšetření akomodační facility monokulárně. [24]

Výsledný zápis provedeného vyšetření se bude skládat ze záznamu počtu provedených cyklů za minutu a poznámkou, která z čoček dělala při testu problém se zaostřením, což je součástí diagnostiky akomodačně-vergenčních poruch. [24]

4.4.2 Postup vyšetření u osob starších 30 let

Jediným rozdílem vyšetření akomodační facility u osob starších 30 let je doporučení použít dioptrické hodnoty předkládaných čoček flipperu a změnit vyšetřovací vzdálenost, na základě naměřených hodnot AA daného jedince. [24]

Dle Yothersovy studie odpovídá dioptrická hodnota flipperu polovině hodnoty 30% akomodační amplitudy (Tabulka 4-2). Vyšetřovací vzdálenost, ve které je umístěna testová

značka, je definována jako 45% akomodační amplitudy. [20] [24] Tato metoda měření v závislosti na akomodační amplitudě se označuje jako amplitude scaled facility. [24]

Předložením běžně používaného flipperu $\pm 2,0$ musí pacient během vyšetření měnit akomodační stav celkem o 4 dpt. Vzhledem ke snížené AA může tento akomodační stimul činit potíže, neboť jedinec nemá již odpovídající akomodační rezervu. [24]

V případě že je AA nižší než 4,5 dpt, není již významné a průkazné vyšetření akomodační facility za monokulárních či binokulárních podmínek. [2] [24]

Tabulka 4-2: Hodnoty vyšetřovací vzdálenosti a hodnot čoček flipperu v závislosti na AA [24]

AA (dpt)	NPA (cm)	Vzdálenost testové značky (cm)	Hodnota čoček flipperu (dpt)
20	5	11	3
16,75	6	13,5	2,5
12,5	8	18	2
10	10	22	1,5
7	14,5	32	1
4,5	22	49,5	0,75

4.5 Zrakový trénink

Zrakový trénink je proces, během kterého dochází ke koordinaci motorického a senzorického systému. Cílem je tuto koordinaci zautomatizovat tak, aby se jednalo o podmíněné reflexy. [1] Klinický přístup zrakového tréninku vede ke korekci a ke zmírnění projevů nestrabických binokulárních poruch, amblyopie, nystagmu a poruch zrakového vnímání souvisejících se zpracováním informací. [29]

Trénink akomodační facility s použitím flipperů pomáhá při ortoptickém cvičení k normalizaci vztahu akomodace a konvergence formou jejího uvolnění nebo také zapojení, je proto vhodný u některých akomodačních i vergenčních poruch. [1] [30] [39] Při zrakovém tréninku BAF dochází ke zlepšení schopnosti akomodačního systému měnit dynamiku akomodace, která umožní rychlejší stimulaci a relaxaci akomodačního aparátu. [40]

Zrakový trénink, který cílí na zvýšení rozsahu fúzních rezerv, lze provést pomocí dvou technik. Jedna z možností je udržet akomodaci na požadovanou vzdálenost při změně stimulu působícího na vergenční systém. Druhá možnost je postavena na změně stimulující akomodaci a na zachování vergenčního stavu, což je princip zrakového tréninku za použití akomodačního flipperu. [24] [29]

Použití sférických čoček mění akomodační a vergenční požadavek na rozdíl od prizmat a zrcadel, které mění směr světla. Zrakový trénink pomocí čoček je velmi účinný, neboť zvyšují či snižují požadavek na binokulární a akomodační systém. Současně mohou být použity na trénink „smooth (tonic)“ a „jump (phasic)“ vergence. [24]

Existuje celá řada zrakových tréninků a jejich modifikací, které cílí na zlepšení flexibility a zvýšení rychlosti akomodační facility. Mezi běžná a nejčastěji prováděná cvičení patří „near-far Hart chart“ a trénink s akomodačním flipperem. [1] [24] [41] [42]

4.5.1 „Near-far Hart chart“ zrakový trénink

Zrakovému tréninku, který zlepšuje akomodační facilitu pomocí flipperu může předcházet trénink v podobě „near-far Hart chart“. Jedná se o trénink, který rozvíjí flexibilitu akomodačního mechanismu jednoduchou změnou pohledové vzdálenosti. K samotnému provedení je nutné použít malou a velkou Hartovu tabulku, kdy každá z nich bude umístěna v jiné vzdálenosti. Umístění fixačního stimulu do dálky je individuální a určuje se následovně, pacient se postupně vzdaluje od velké Hartovy tabulky, dokud se mu nezačne text rozostřovat. V tomto místě udělá pacient malý krok směrem k fixačnímu stimulu. Malá Hartova tabulka se nachází ve vzdálenosti 30–40 cm od pacienta. [41] [42]

Následně je pacient instruován ke střídání pohledové vzdálenosti na fixační stimul, který tvoří 10x10 písmen o zrakové ostrosti 0,66 do dálky a 1,0 do blízka. Ke změně fixace, dojde vždy po přečtení celého řádku odpovídající tabulky. V případě, že pacient úspěšně dokončil tuto formu zrakového tréninku může se mírně vzdálit od fixačního stimulu v dálce a provést cvičení v této vzdálenosti. Důležité je vždy upozornit pacienta, že fixovaný řádek tabulky musí být viděn zcela ostře před tím, než začne pacient řádek číst. [41] [42]

Tento postup lze doplnit a modifikovat o postupné přibližování fixačního stimulu, dokud nedojde k rozostření. Pokud se fixační stimul v podobě písmen nezaostří ani po 2 až 3 sekundách, pacient přeostří na stimul nacházející se v dálce. Pokud se fixační značka zaostří, pacient pokračuje s plynulým přibližováním textu do té doby, kdy již nezvládne fixační stimul zaostřit. Modifikace zrakového tréninku může být provedena dodatečným předsazením sférických čoček. [42]

Tento zrakový trénink je prováděn monokulárně i binokulárně. Časová náročnost zrakového tréninku „near-far Hart chart“ odpovídá 5 minutám pro každé oko. Je doporučováno provádět trénink dvakrát denně. [41]

4.5.2 Zrakový trénink „flipper lens“

K této formě zrakového tréninku je potřeba akomodační flipper, akomodační rockova karta nebo jiný věku úměrný čtecí materiál s odpovídající zrakovou ostroší. Aby byla pod kontrolou suprese a fúze, lze použít disociovaný test, např.: anaglyfní testy, polarizovaný vektograf nebo OXO test na Mallettově jednotce do blízka. [1] [24] [41] [42]

Počáteční dioptrická hodnota flipperu bude odpovídat velikosti, se kterou pacient zvládne s minimálním úsilím zaostřit pozorovaný objekt. Je obvyklé, že někteří pacienti mají problém pouze s jednou hodnotou flipperu, tedy s mínusovou či plusovou čočkou. [24] Obecně je doporučováno začít s hodnotou flipperu $\pm 1,0$ a postupně po 0,25 dpt navyšovat. V případě, že by se jednalo o pacienta ve věku pod 35 let, lze ke zrakovému tréninku využít flipper o hodnotách $\pm 2,0$ a $\pm 2,5$ dpt. [41] [42]

Flipper je držen před pacientem, který má za úkol zaostřit čtecí materiál umístěný ve vzdálenosti 40–45 cm. Poté, co je text zaostřen a pacient je schopen tento text přečíst, dojde k přetočení flipperu o 180° na druhou hodnotu čoček. Výměna čoček poskytuje nový akomodační stimul a pacient je vyzván, aby na daný text zaostřil a přečetl jeho další část. [24] [41] [42]

Trénink binokulární akomodační facility probíhá po dobu 5 minut. Cílem je, aby byl pacient schopen zaostřit fixační stimul během 1–2 sekund po předložení mínusových a plusových čoček flipperu. Pokud je tohoto docíleno, lze zvýšit akomodační požadavek. [41] [42]

Zrakový trénink s využitím flipperu se provádí každý den, po dobu 10–15 minut po dobu tří týdnů. Je dokázáno, že intenzivní zrakový trénink po dobu 2 až 3 týdnů je úspěšnější než nepravidelné cvičení po dobu několika měsíců. Tuto formu zrakového tréninku lze doporučit u všech akomodačních poruch s výjimkou obrny akomodace. Cvičení akomodační facility nejlépe reagují pacienti ve věkové skupině 10–25 let. [1] [25] [29] [42]

Zrakový trénink monokulární akomodační facility lze provést i u klientů trpících amblyopií. Zraková ostrost fixačního stimulu na vzdálenost 1,5 m odpovídá nejlepší zrakové ostrošti amblyopického oka. Počáteční hodnota flipperu má dioptrickou hodnotu $-0,5$ dpt a k navýšení dochází po 0,5 dpt až do hodnoty $-5,0$ dpt. S mínusovou hodnotou akomodačního flipperu se začíná i při tréninku akomodační facility do blízka, opět za monokulárních podmínek. Poté, co pacient zvládne do blízka zaostřit text s maximální mínusovou hodnotou, lze do tréninku zařadit i plusovou dioptrickou hodnotu a celý proces se opakuje od hodnoty $\pm 0,5$ dpt. [29]

5 Experimentální část

Experimentální část je zaměřena na diagnostiku akomodačních a vergenčních nestrabických poruch, k jejichž detekci slouží testy hodnotící akomodaci, vergenci a binokulární stav. Stěžejním vyšetřením je vyšetření akomodační facility, jejíž výsledky budou následně porovnány s daty odpovídající anomáliím zařazeným dle analytického přístupu k diagnostice akomodačně-vergenčních poruch [24].

Cílem experimentální části je vytvoření refrakční karty (Příloha A), která je určena k zaznamenání potřebných dat. Dále je nutné provést měření u dostatečného množství probandů, výsledky vyšetření následně zpracovat a vyhodnotit. Na základě naměřených dat potvrdit či vyvrátit stanovené předpoklady, které vycházejí z teoretického základu a publikované literatury.

5.1 Předpoklady

Stanovení jednotlivých předpokladů bylo provedeno na základě analytického přístupu k diagnostice akomodačních a vergenčních poruch (Tabulka 5-1) [24], na základě výzkumů [35] [34] a teoretických znalostech uvedených v kapitole 4.

Tabulka 5-1: Očekávané hodnoty MAF a BAF u akomodačních a vergenčních poruch [24]

Typ	Porucha	MAF	BAF
Akomodační	akomodační insuficience	nízká, horší –	nízká, horší –
	akomodační exces	nízká, horší +	nízká, horší +
	akomodační infacilita	nízká, potíže s ±	nízká, potíže s ±
Vergenční	konvergenční insuficience	norma	nízká, horší +
	konvergenční exces	norma	nízká, horší –
	dysfunkce fúzní vergence	norma	nízká, potíže s ±
	divergentní insuficience	norma	norma
	divergentní exces	norma	norma
	základní exoforie	norma	nízká, horší +
	základní esoforie	norma	nízká, horší –

První předpoklad vychází ze skutečnosti, že osoby s akomodační poruchou mají nízké hodnoty u vyšetření akomodační facility, monokulárního i binokulárního charakteru. Druhý a třetí předpoklad se zaměřuje na výsledky akomodační facility u pacientů u kterých je přítomna vergenční porucha.

Předpoklad P1: Akomodační poruchy stanovené na základě akomodační amplitudy vykazují nízké hodnoty monokulární akomodační facility a binokulární akomodační facility.

Předpoklad P2: Vergenční poruchy vykazují normální či vyšší hodnoty monokulární akomodační facility.

Předpoklad P3: Vergenční poruchy, vyjma těch, které jsou vázány pouze na dálku (divergentní exces, divergentní insuficience), vykazují nízké hodnoty binokulární akomodační facility.

5.2 Metodika vyšetření

Samostatné měření experimentální části probíhalo od poloviny února do konce března 2022 na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně, v místnosti B-233. Testování probíhalo za standartních podmínek za osvětlení 895,5 luxů (lx).

5.2.1 Vyšetřované osoby

Výzkumné činnosti se zúčastnili náhodně zvolené osoby ve věku od 18 do 26 let, jednalo se převážně o studenty Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT.

5.2.2 Objektivní a subjektivní refrakce

Východiskem pro diagnostiku akomodačních a vergenčních poruch je stanovení plné korekce refrakční vady. Před provedením samotné refrakce byla provedena anamnéza, která se zaměřovala na symptomy často se vyskytující u jednotlivých poruch. Probandi byli cíleně dotazováni na přítomnost bolesti hlavy, tlaku za očima, dvojité či rozmazané vidění do dálky i blízka nebo na problémy se zaostřením při změně fixační vzdálenosti.

V případě, že se jednalo již o nositele brýlové korekce, byly kladeny dotazy na poslední vyšetření zraku a jeho aktuální korekci. Oční anamnéza zahrnovala informace týkající se operací očí nebo léčby strabismu. Dále jsem se zaměřila na celkovou anamnézu, osobní i rodinnou, která si kladla za cíl zjištění přítomnosti onemocnění diabetes mellitus, hypertenze či thyreopatie. V neposlední řadě mě zajímala pracovní anamnéza společně s volnočasovými aktivitami a zrakové návyky daného jedince.

Dalším krokem bylo provedení objektivní refrakce, která byla změřena na autorefraktotonomu TRK-2P firmy Topcon. V případě, že byl proband nositelem brýlové korekce, byla hodnota habituální korekce zjištěna na fokometru Rodenstock ML 100. Data, která jsem získala objektivní refrakcí, a hodnoty habituální korekce mi posloužily jako orientační při subjektivní refrakci.

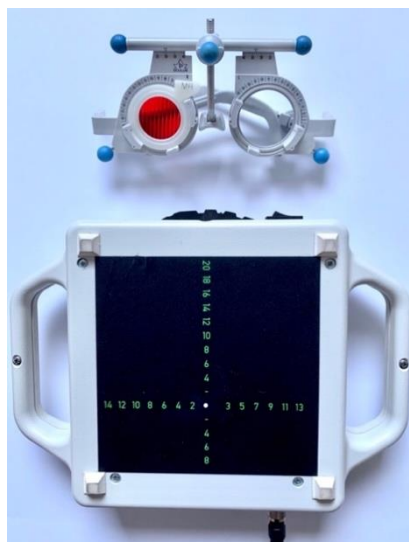
Subjektivní refrakce byla měřena za pomoci brýlové zkušební skříně a zkušební obruby Oculus UB40. Prvním krokem bylo přizpůsobení zkušební obruby, kde byla nastavena inklinace 0° a vertex distance odpovídala zhruba 12 mm. Pomocí viktorínské metody bylo nastaveno odpovídající PD a výška.

Před zahájením subjektivní refrakce byl zjištěn visus, neboli zraková ostrost, s habituální korekcí probanda. Následně byl změřen na LCD optotypu Topcon CC-100XP vzdáleného 5,2 m monokulární a binokulární visus naturalis. Poté došlo ke stanovení nejlepší sférické korekce a k vyšetření astigmatismu, který byl změřen na astigmatickém bodovém testu za použití Jacksonova zkříženého cylindru s hodnotou $\pm 0,25$ dpt nebo $\pm 0,5$ dpt. K binokulárnímu vyvážení byl použit polarizovaný třířádkový test a polarizovaný bichromatický Cowenův či Osterbergův test s fúzním podnětem.

5.2.3 Vyšetření sloužící k diagnostice poruch

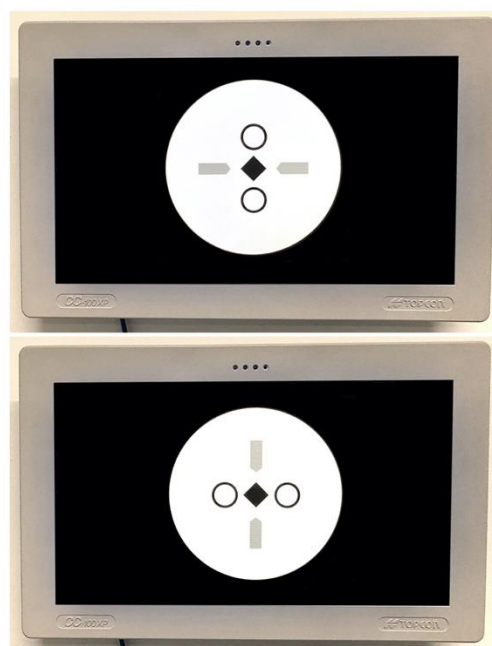
K hodnocení binokulárního a senzoričského statusu posloužil anaglyfní Worthův test, který hodnotil stav fúze, a test stereopse. Stereopse se hodnotila do dálky na stereotestu a do blízka za využití Titmusova testu (The Fly Stereo Acuity test with Lea symbols). S nejlepší naměřenou korekcí byly provedeny do dálky i do blízka zakrývací testy v podobě cover-uncover a cross-cover testu, při kterém bylo do dálky fixováno písmeno o zrakové ostrosti 0,6 a do blízka byl fixační značkou hrot tužky. Nakonec byla zkontrolována motilita.

Vergenční systém byl hodnocen několika testy. Jako první bylo provedeno vyšetření disociované heteroforie. K disociaci byl použit červený Maddoxův cylindr, který jsem vždy umístila před pravé oko probanda. Bodovým zdrojem v dálce byla bílá Maddoxova LED dioda, která je součástí používaného LCD optotypu. Do blízka byl využit bodový světelný zdroj nacházející se na vyšetřovací jednotce do blízka firmy Oculus (Obrázek 5-1). Na modifikovaném Thoringtonově testu byla hodnocena horizontální a vertikální forie. Toto vyšetření probíhalo za fotopických podmínek, v případě problémů s viditelností disociované testové značky došlo ke snížení světelných podmínek na hodnoty v intervalu od 28,8 do 696,4 lx.



Obrázek 5-1: Zkušební obruba s červeným Maddoxovým cylindrem a jednotka do blízka s modifikovaným Thoringtonovým testem [vlastní zpracování]

Poté, co bylo provedeno vyšetření disociované forie, následovalo měření asociované forie. Do dálky byl použit kruhově polarizovaný test fixační disparity, na kterém byl centrální, paracentrální i periferní fúzní podnět (Obrázek 5-2). Jednotka do blízka NV-100, která obsahovala lineární polarizovaný XOX test s centrálním a periferním fúzním podnětem, posloužila k vyhodnocení fixační disparity do blízka. Obdobně jako u disociované forie byla měřena horizontální a vertikální asociovaná forie.



Obrázek 5-2: Test fixační disparity na LCD optotypu pro hodnocení vertikální (nahore) a horizontální (dole) asociované forie [vlastní zpracování]

V dalším kroku byly změřeny fúzní rezervy. Do dálky se pozitivní, negativní a vertikální fúzní vergence vyhodnocovala na jednom řádku (visus 0,2) či sloupci (visus 0,2–0,4). Pomocí prizmatických lišt byl zjištěn bod rozmazání, bod rozdvojení a bod spojení. Vergenční amplituda do blízka byla měřena stejným způsobem na vzdálenost 40 cm, ve které byl umístěn oční test do blízka v podobě čtecí tabulky obsahující Howellův test (Obrázek 5-3).



Obrázek 5-3: Čtecí tabulka obsahující Howellův test (vlevo), prizmatická lišta vertikální (uprostřed) a horizontální (vpravo) [vlastní zpracování]

Vergenční facilitita byly hodnocena pouze do blízka na 40 cm. Použita byla prizmatická tyčinka s optickou mohutností, která měla prizmatickou hodnotu 12 pdpt BO a 3 pdpt BI. Jako fixační stimul byla použita čtecí tabulka, přesněji řádek odpovídající visu 0,40 (Obrázek 5-4). Samotné vyšetření probíhalo po dobu 60 vteřin, kdy byly prizmatické hranoly střídavě předkládány před jedním okem za binokulárních podmínek. Ke změně prizmatické hodnoty hranolu došlo vždy po zaostření a spojení rozdvojené fixační značky. Počet cyklů za minutu byl zaznamenám do refrakční karty společně s údajem, který obsahoval informaci, zda bylo problematické zaostřit/spojit obraz při předložení prizmatu bázi temporálně nebo nazálně. Za jeden cyklus je považována výměna hranolu 12 pdpt BO za 3 pdpt BI a zpět na 12 pdpt BO.



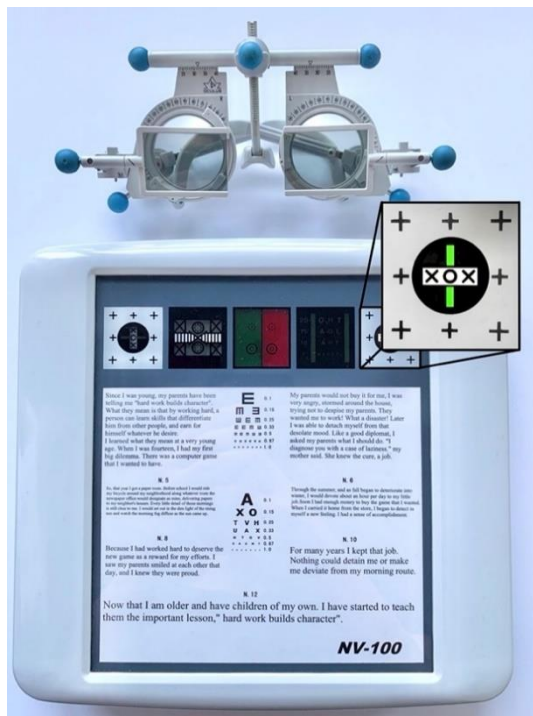
Obrázek 5-4: Čtecí tabulka do blízka (vlevo) a prizmatická tyčinka (vpravo) [vlastní zpracování]

Posledním vyšetřením, které hodnotilo vergenční systém bylo vyšetření NPC, které bylo provedeno ve většině případů bez zkušební obruby, tedy bez korekce. Důvodem bylo omezené zorné pole zkušební obrubou. Fixační značkou byl hrot propisovací tužky, kterou si pacient plynulým pohybem přibližoval v úrovni očí směrem ke kořeni nosu a v místě rozdvojení došlo ke změření dané vzdálenosti. Druhou vzdáleností, která se zjišťovala byl bod opětovné spojení, který se nacházel dále od pacienta. Během konvergenčního souhybu, bylo kontrolováno postavení očí a pacient byl dotazován i na kontrolní prvek v podobě fyziologické diplopie.

Poté, co byly provedeny testy zaměřující se na vergenční systém, byly provedeny testy hodnotící systém akomodační. Základním vyšetřením bylo změření NPA, ke kterému posloužila čtecí tabulka, přesněji řádek odpovídající visu 0,63. Samotnému vyšetření předcházelo zjištění visu do blízka s dálkovou korekcí. Následně byl změřen gradientní metodou AC/A poměr. Ke změření požadovaných hodnot byla použita jednotka do blízka firmy Oculus a červený Maddoxův cylindr. Binokulárně byly předsazeny plusové a následně mínusové čočky vždy s odpovídající hodnotou 1 dpt. Hodnocení probíhalo za pomoci číselné stupnice modifikovaného Thoringtonova testu, obdobně jako předcházející vyšetření disociované forie.

Dále bylo provedeno vyšetření akomodační facility. K hodnocení binokulární akomodační facility byl použit polarizovaný fixační stimul v podobě XOX testu, který nalezneme na jednotce do blízka NV-100 (Obrázek 5-5). Postup vyšetření je uveden v kapitole 4.4. Jako první byly vždy binokulárně předsazovány plusové čočky flipperu $\pm 2,0$ dpt. Po dokončení testu byl proband dotazován na jeho subjektivní hodnocení průběhu testu a zdali mu dle jeho

hodnocení dělala problém plusová či mínusová dioptrická hodnota flipperu. Následně byla vyšetřena monokulární akomodační facilitita na pravém a levém oku. Provedení testu je shodné s vyšetřením za binokulárních podmínek. Opět byla jako první předsazena plusová dioptrická hodnota, ke změně nedošlo ani u fixačního stimulu, pouze byli odstraněny polarizační filtry.



Obrázek 5-5: Zkušební obruba s polarizovanými filtry a jednotka do blízka NV-100 se zvětšeným horizontálním XOX testem, který tvořil fixační stimul při vyšetření akomodační facility [vlastní zpracování]

Na závěr byla za pomoci počítačového foropteru CV-5000Xp vyhodnocena pozitivní a negativní relativní akomodace. Fixační značka byla umístěna ve vzdálenosti 40 cm. Pacient byl požádán, aby se snažil fixační stimul co nejrychleji zaostřit, i přes zvyšující se a snižující se dioptrickou hodnotu sférické čočky. V případě, že byl fixační stimul pozorován dvojitě, rozostřeně či trvalo delší dobu zaostření fixační značky bylo vyšetření ukončeno.

5.3 Kritéria a způsob vyhodnocení

Podmínkou výzkumné činnosti bylo dosažení monokulární zrakové ostrosti 1,0 s nejlepší brýlovou korekcí. Dále musela být u probanda přítomna fúze.

Vyhodnocení naměřených dat proběhlo na základě analytického přístupu diagnostiky akomodačních a vergenčních poruch (Tabulka 5-2). [24] Tato tabulka poskytla soubor vyšetření, která byla provedena při praktické části práce. Do vyhodnocení nebyla zahrnuta akomodační facilitita, která je předmětem výzkumu práce.

Tabulka 5-2: Analytický přístup k diagnostice akomodačních a vergenčních poruch [24]

Porucha	Cover testy		Disociovaná forie, vztah D a B	AC/A poměr	NPC	Vergenční amplituda	Vergenční facilitita	AA	NRA	PRA
	Dálka (D)	Blízko (B)								
Akomodační insuficience	není stanoveno	není stanoveno	není stanoveno	normální	norma	bod rozmazání BO do B může být nízký	norma	nízká	norma	nízká
Akomodační exces	není stanoveno	není stanoveno	není stanoveno	normální	norma	bod rozmazání BI do B může být nízký	norma	normální	nízká	norma
Akomodační infacilita	není stanoveno	není stanoveno	není stanoveno	normální	norma	bod rozmazání BO a BI do B může být nízký	norma	normální	nízká	nízká
Konvergenční insuficience	ortho / exo	exo	větší exo do B	nízký	vzdálený	nízké BO	nízká BO	normální	nízká	norma
Konvergenční exces	ortho / eso	eso	větší eso do B	vyšoký	norma	nízké BI	nízká BI	normální	norma	nízká
Dysfunkce fúznívergence	ortho / eso / exo	ortho / eso / exo	nízká eso nebo nízká exo	normální	norma	nízké BO a BI	nízká BO a BI	normální	nízká	nízká
Divergentní insuficience	eso	ortho / eso	větší eso do D	nízký	norma	nízké BID	nízká BI do D	normální	norma	norma
Divergentní exces	exo	ortho / exo	větší exo do D	vyšoký	norma	nízké BO D a nízké BI B	nízká BO D a nízká BI B	normální	norma	norma
Základní exoforie	exo	exo	srovnatelné exo do D a B	normální	norma	nízké BO D a B	nízká BO D a B	normální	nízká	norma
Základní esoforie	eso	eso	srovnatelné eso do D a B	normální	norma	nízké BI D a B	nízká BI D a B	normální	norma	nízká

V prvním kroku jsem naměřená data provedených vyšetření porovnávala s normami (Tabulka 5-3; Tabulka 5-4; Tabulka 5-5), které jsem získala z dostupné literatury [24]. Neboť individuální hodnoty vyšetření nemají vypovídající hodnotu, na jejímž základu lze stanovit diagnostiku akomodačních a vergenčních poruch, je nutné porovnat získané údaje jedince jako celek, tedy jejich vzájemnost, což umožní přesnější diagnostiku. Aby byla potvrzena přítomnost poruchy, musí pacient splňovat alespoň 3 z 8 kritérií dle analytického přístupu diagnostiky akomodačních a vergenčních poruch [24]. Přítomnost symptomatiky vycházející z anamnézy a přítomnost pozitivního cover testu do dálky či blízka byly nedílnou součástí vyhodnocení.

Tabulka 5-3: Normy vyšetření sloužících k diagnostice [24]

Vyšetření	Střední hodnota	Jednotky	Odchylka
Blízký bod konvergence (NPC)	7/10	cm	-
Akomodační amplituda (AA)	$18,5 - [(v\acute{e}k)/3]$	dpt	2 dpt
AC/A poměr	4/1	pdpt/dpt	2 pdpt
Vergenční facilita – blízko	15	cpm	3 cpm
Negativní relativní akomodace (NRA)	2	dpt	0,5 dpt
Pozitivní relativní akomodace (PRA)	-2,25	dpt	1,0 dpt

Tabulka 5-4: Vztah disociované forie měřené do dálky a blízka [24] [vlastní zpracování]

Porucha	Vztah forie do dálky a blízka vč. podmínek
Základní esoforie	$eso D = eso B \pm 1 pdpt$
Základní exoforie	$exo D = exo B \pm 1 pdpt$
Insuficience konvergence	$exo B \text{ alespoň } o 2 pdpt > exo D$
Exces konvergence	$eso B \text{ alespoň } o 2 pdpt > eso D$
Insuficience divergence	$eso D \text{ alespoň } o 2 pdpt > eso B$
Exces divergence	$exo D \text{ alespoň } o 2 pdpt > exo B$

Tabulka 5-5: Očekávané hodnoty vergenční amplitudy [24]

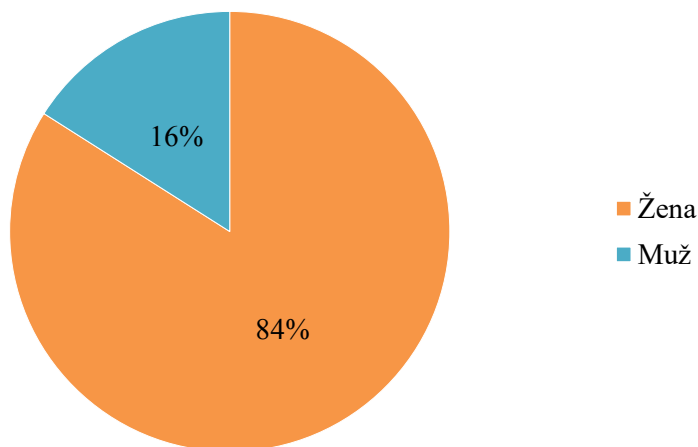
Směr báze	Vzdálenost	Bod	Střední hodnota [pdpt]	Odchylka [pdpt]
Pozitivní (BO)	dálka	rozmazání	9	4
		rozdvojení	19	8
		spojení	10	4
	blízko	rozmazání	17	5
		rozdvojení	21	6
		spojení	11	7
Negativní (BI)	dálka	rozmazání	-	-
		rozdvojení	7	3
		spojení	4	2
	blízko	rozmazání	13	4
		rozdvojení	21	4
		spojení	13	5

5.4 Výsledky měření

Ke zpracování naměřených dat jsem využila software Excel společnosti Microsoft, který mi umožnil naměřená data porovnat a vyhodnotit na základě požadovaných kritérií.

5.4.1 Obecné údaje

Praktické části bakalářské práce se zúčastnili náhodně vybraní studenti jejichž průměrný věk odpovídal hodnotě $21 \pm 1,3$ let. Z celkového souboru 50 změřených osob tvořili ženy 84 %, muži 16 %. (Obrázek 5-6)



Obrázek 5-6: Procentuální zastoupení mužů a žen [vlastní zpracování]

5.4.2 Hodnoty sloužící k diagnostice poruch

Přítomnost akomodačních a nestrabických vergenčních poruch byla vyhodnocena na základě několika vyšetření daných analytickým přístupem v diagnostice akomodačně-vergenčních poruch. Z výsledků jednotlivých testů byla vypočtena jejich průměrná hodnota s odpovídající směrodatnou odchylkou. U disociované heteroforie byla respektována znaménková konvence, kdy hodnoty exoforie nabývají záporných hodnot a hodnoty esoforie hodnot kladných. V případě stanovení bodu rozdvojení u NPC byla zjištěna u 3 probandů suprese, z tohoto důvodu nebyl u těchto osob změřen bod spojení stejně tak jako u 6 osob, u kterých nenastal bod rozdvojení (Tabulka 5-6). Obdobný problém nastal i u vyšetření vergenční amplitudy, kdy v některých případech nastala suprese či nedošlo k bodu rozdvojení ani při předložení nejvyšší dostupné prizmatické hodnoty 45 pdpt (Tabulka 5-6).

Tabulka 5-6: Průměrné hodnoty včetně deviace u naměřených hodnot vyšetření sloužících k diagnostice [vlastní zpracování]

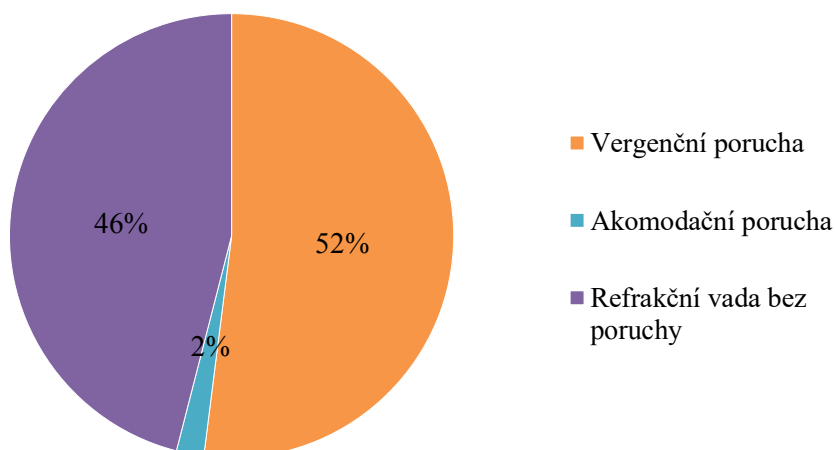
Vyšetření		Střední hodnota	Jednotky	Odchylka
AC/A poměr		2,3	dpt/pdpt	1,8 pdpt
Blízky bod konvergence	bod rozdvojení	6,5	cm	2,9 cm
	bod spojení	10	cm	2,2 cm
Disociovaná forie - horizontální	dálka	0,4 BI	pdpt	1,9 pdpt
	blízko	3,0 BI	pdpt	5,2 pdpt
Vergenční facilita	blízko	14,2	cpm	6 cpm
Akomodační amplituda	pravé oko (OP)	10,2	dpt	1,5 dpt
	levé oko (OL)	10,5	dpt	1,6 dpt
Negativní relativní akomodace		2,2	dpt	0,4 dpt
Pozitivní relativní akomodace		-3,4	dpt	1,5 dpt

Tabulka 5-7: Průměrné hodnoty naměřených hodnota vergenční amplitudy [vlastní zpracování]

Směr báze	Vzdálenost	Bod	Střední hodnota [pdpt]	Odchylka [pdpt]	Počet změřených osob z 50 vyšetřovaných
Pozitivní (BO)	dálka	rozmazání	14	7	32
		rozdvojení	23	9	47
		spojení	16	7	47
	blízko	rozmazání	15	6	16
		rozdvojení	23	9	44
		spojení	17	7	44
Negativní (BI)	dálka	rozmazání	7	1	7
		rozdvojení	9	3	50
		spojení	6	2	50
	blízko	rozmazání	12	4	21
		rozdvojení	17	6	50
		spojení	13	5	50

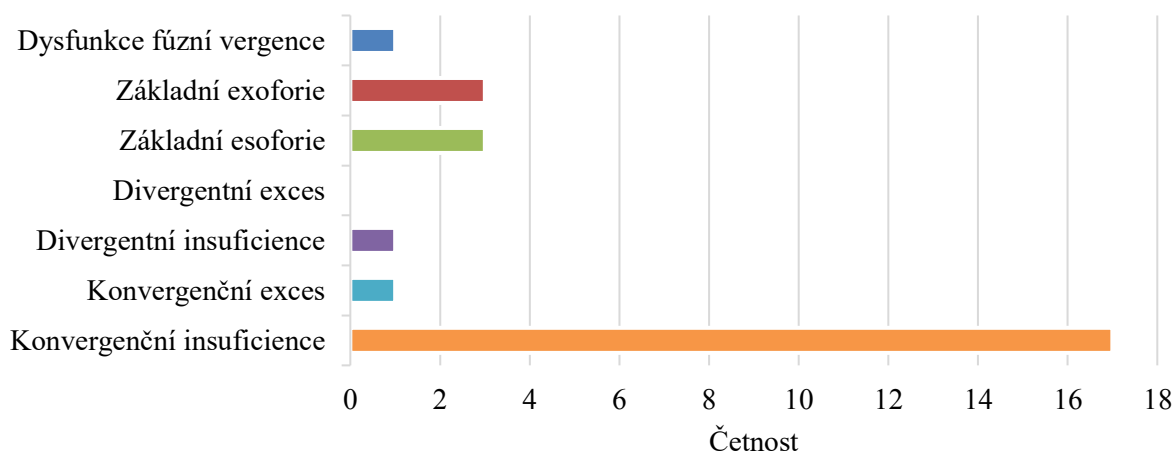
5.4.3 Výskyt akomodačních a vergenčních poruch

U 26 vyšetřených osob byla potvrzena přítomnost vergenční poruchy a pouze 1 osoba byla diagnostikována s akomodační poruchou. U zbylých 23 probandů z 50 nebyla prokázána na základě dostupných dat porucha akomodace anivergence, byla tak zjištěna pouze refrakční vada bez přítomnosti poruchy. (Obrázek 5-7).



Obrázek 5-7: Procentuální zastoupení osob s vergenční / akomodační poruchou a osob s refrakční vadou bez poruchy [vlastní zpracování]

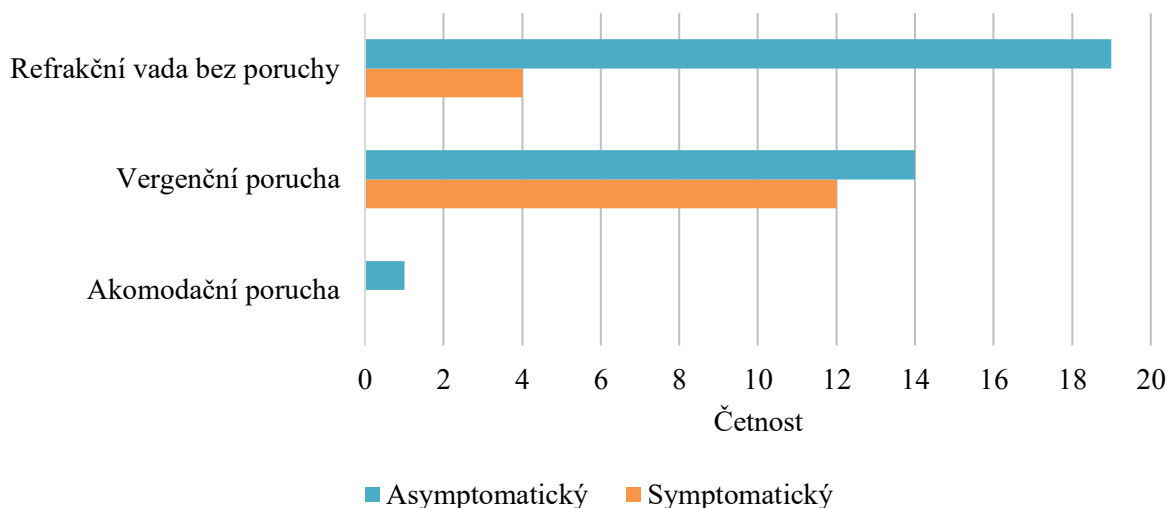
Nejvíce zastoupenou vergenční poruchou byla insuficience konvergence, která se vyskytla u 34 % vyšetřovaných. Mezi testovanými osobami nebyla potvrzena přítomnost pouze jedné poruchy, a to divergentního excesu. Stejně zastoupení v podobě jednoho probanda (2 %) měla dysfunkce fúznívergence, divergentní insuficience a konvergenční exces. Ze skupiny osob, u kterých byla diagnostikována vergenční porucha, byla diagnostikována v 6 % případů základní esofovie stejně tak jako základní exofovie (Obrázek 5-8).



Obrázek 5-8: Četnost jednotlivých typů nestrabických vergenčních poruch [vlastní zpracování]

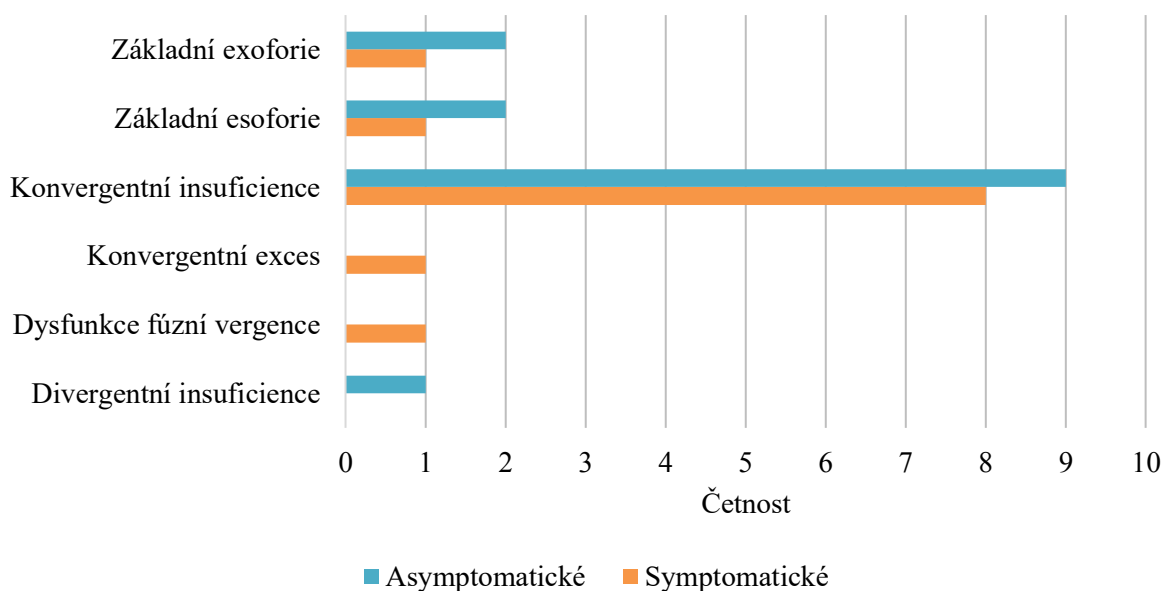
5.4.4 Četnost symptomatických osob

Přítomnost symptomů je jedním z rozhodujících faktorů při kompenzaci akomodačních a vergenčních poruch. U 24 % probandů s vergenční poruchou byly přítomny některé symptomy, které se pojí k jednotlivým typům poruch. Větší zastoupení v podobě 28 % měli asymptomatictí probandi s vergenční poruchou. Symptomatictí probandi se vyskytli i ve skupině osob s refrakční vadou, u kterých nebyla potvrzena porucha, a to v zastoupení 4 osob, což odpovídá 8 %. Zbylých 38 % bylo asymptomatických. V případě akomodační poruchy vyšetřovaný nepocíťoval žádné obtíže (2 %) (Obrázek 5-9).



Obrázek 5-9: Četnost symptomů u osob s akomodační poruchou, s vergenční poruchou a u osob bez poruchy s refrakční vadou [vlastní zpracování]

Na obrázku 5-10 je znázorněn poměr symptomatických a asymptomatických osob dle typu vergenční poruchy. V případě nejčastěji se vyskytující insuficience konvergence, bylo 18 % asymptomatických a 16 % osob pociťovalo příznaky spjaté s touto nestrabickou binokulární poruchou. Stejné zastoupení symptomatických jedinců v podobě 2 % nalezneme u základní exoforie, základní esoforie, konvergentního excesu a u dysfunkce fúznívergence. V případě divergentní insuficience diagnostikovaný proband nenahlásil žádné obtíže spojené s vergenčními poruchami (2 %). Asymptomatické byli také dva jedinci (4 %) se základní exoforií a dva jedinci (4 %) se základní esoforií.



Obrázek 5-10: Četnost asymptomatických a symptomatických osob dle typu vergenční poruchy [vlastní zpracování]

5.4.5 Monokulární a binokulární akomodační facilitita

Naměřené hodnoty akomodační facility monokulárního a binokulárního charakteru byla zanesena do tabulky 5-8, která informuje o přítomnosti poruchy vergenčního nebo akomodačního systému. Na základě naměřených dat (Tabulka 5-8) byla vypočtena celková průměrná hodnota MAF a BAF (Tabulka 5-9).

Tabulka 5-8: Výsledky vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility u osob s poruchou a u osob bez poruchy [vlastní zpracování]

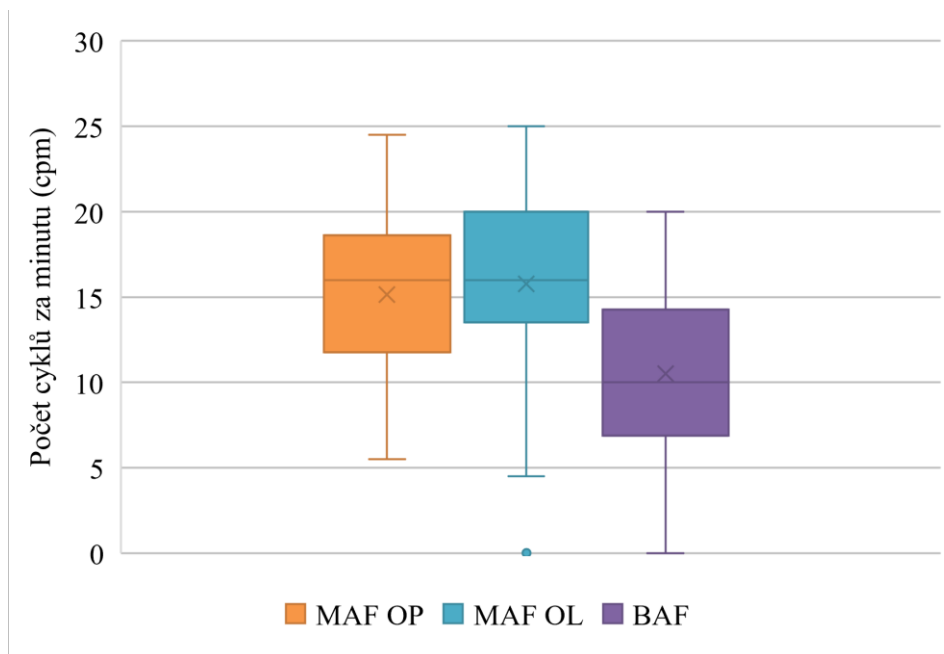
Proband č.	Porucha	MAF (cpm)		BAF (cpm)
		OP	OL	
1	vergenční	21	18	14
2	bez poruchy	15	16	12
3	vergenční	11	12	8
4	vergenční	20	19	17
5	vergenční	19	20	13
6	bez poruchy	17	15	13
7	vergenční	11	6,5	6,5
8	vergenční	19	20	16
9	vergenční	6,5	4,5	7
10	vergenční	6	4,5	3,5
11	vergenční	8	9	4
12	bez poruchy	15	15	16
13	bez poruchy	16	18	15
14	vergenční	24,5	22	15
15	vergenční	16	16	5
16	vergenční	14	16	7
17	vergenční	16	18	6
18	vergenční	10,5	10	5
19	vergenční	17	16	16
20	vergenční	7,5	8,5	9
21	vergenční	15	15	0
22	bez poruchy	12	15	14
23	bez poruchy	22	22	10
24	bez poruchy	21	22	16
25	vergenční	23	25	9
26	vergenční	6	5	3,5
27	vergenční	15,5	24	8
28	vergenční	7,5	8,5	0

Proband č.	Porucha	MAF (cpm)		BAF (cpm)
		OP	OL	
29	bez poruchy	16,5	16,5	9,5
30	vergenční	13	20	10
31	bez poruchy	21,5	23	12,5
32	bez poruchy	17	20	17
33	bez poruchy	17	16	13
34	vergenční	12	14	10
35	bez poruchy	18,5	20	13
36	bez poruchy	20	20,5	19
37	bez poruchy	16,5	16	14
38	akomodační	8	10	8,5
39	bez poruchy	21	22,5	20
40	bez poruchy	17	17,5	9
41	vergenční	10	12	6,5
42	vergenční	17	19	0
43	bez poruchy	13	14,5	7
44	bez poruchy	13	14	10
45	bez poruchy	21,5	23	18,5
46	vergenční	18,5	18	6,5
47	bez poruchy	5,5	0	10,5
48	bez poruchy	18	19,5	16,5
49	bez poruchy	17	17	14
50	bez poruchy	14	15	12

Tabulka 5-9: Střední hodnota a odchylka naměřených hodnota MAF a BAF [vlastní zpracování]

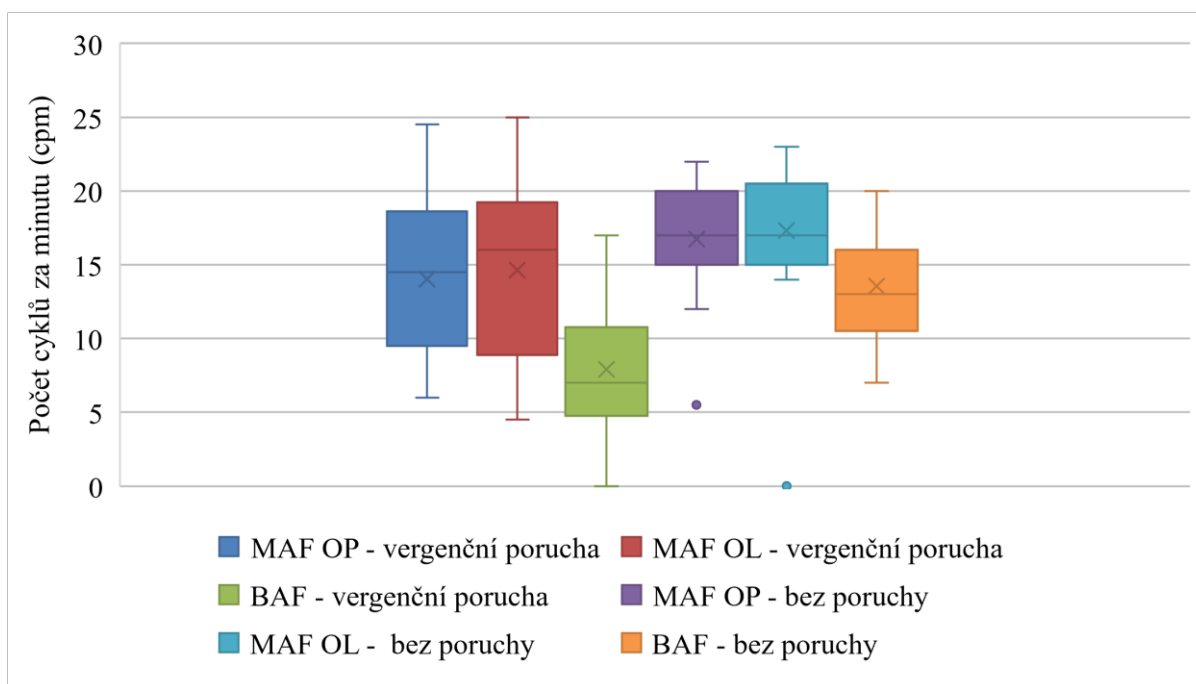
	MAF	BAF
Střední hodnota (cpm)	15,5	10,5
Odchylka (cpm)	5,2	5,0

Zjištěné hodnoty u vyšetřovaných byly zpracovány taktéž do grafu (Obrázek 5-11), ze kterého je patrné, že hodnoty MAF OP i OL dosahují vyšších hodnot než BAF, současně jsou hodnoty monokulární akomodační facility pravého a levého oka srovnatelné. Grafické zpracování naměřených dat poskytuje současně hodnoty minima, maxima, mediánu, aritmetického průměru, 25% kvartilu a 75% kvartilu. Součástí jsou i bodově zobrazené extrémní (odlehle) hodnoty.



Obrázek 5-11: Grafické zobrazení naměřených hodnot monokulární a binokulární akomodační facility [vlastní zpracování]

Dále je uvedeno grafické znázornění výsledků MAF a BAF u osob s vergenční poruchou a osob s refrakční vadou bez přítomnosti poruchy (Obrázek 5-12). Z tohoto obrázku je patrné, že u osob s vergenční poruchou jsou hodnoty BAF nižší než hodnoty u osob bez poruchy a zároveň jsou nižší než hodnoty monokulární akomodační facility pravého a levého oka.



Obrázek 5-12: Grafické porovnání hodnot akomodační facility u osob s vergenční poruchou a osob bez poruchy [vlastní zpracování]

5.4.6 Předpoklad č.1

K vyhodnocení předpokladu č.1 byla použita norma stanovená Williamem J. Benjaminem (Tabulka 5-10) [2], která je uvedena i v kapitole 4.3.4.

Tabulka 5-10: Norma monokulární a binokulární akomodační facility podle W. J. Benjamin [2]

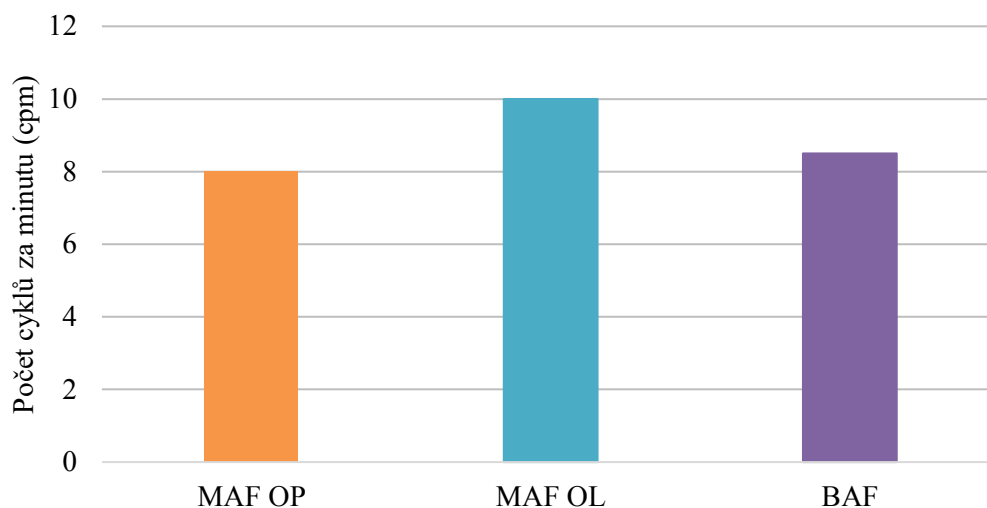
	MAF	BAF
Střední hodnota (cpm)	17	13
Odchylka (cpm)	5	3

Hodnoty MAF a BAF naměřené u osoby s akomodační poruchou jsou znázorněny početně (Tabulka 5-11). Tabulka 5-11 zahrnuje i data týkající se čočky flipperu, která působila větší obtíže při zaostření a spojení testové značky. Tato data však nebyla součástí vyhodnocení.

Tabulka 5-11: Hodnoty MAF a BAF u akomodační poruchy [vlastní zpracování]

Proband č.	Typ poruchy	MAF				BAF	
		OP		OL		cpm	Čočka, při které byla pomalejší reakce
		cpm	Čočka, při které byla pomalejší reakce	cpm	Čočka, při které byla pomalejší reakce		
38	insuficience akomodace	8	plus	10	plus	8,5	plus

Hodnoty byly pro přehlednost i graficky znázorněny (Obrázek 5-13). Z obrázku je patrné, že hodnoty monokulární akomodační facility dosahují srovnatelných hodnot jako binokulární akomodační facility.



Obrázek 5-13: Grafické znázornění hodnot akomodační facility u akomodační poruchy [vlastní zpracování]

Data MAF a BAF byla následně porovnána s normou (Tabulka 5-11). Na základě získaných hodnot, lze potvrdit, že osoba s akomodační poruchou, která byla diagnostikována na základě AA, má oproti normě nízké hodnoty MAF a BAF.

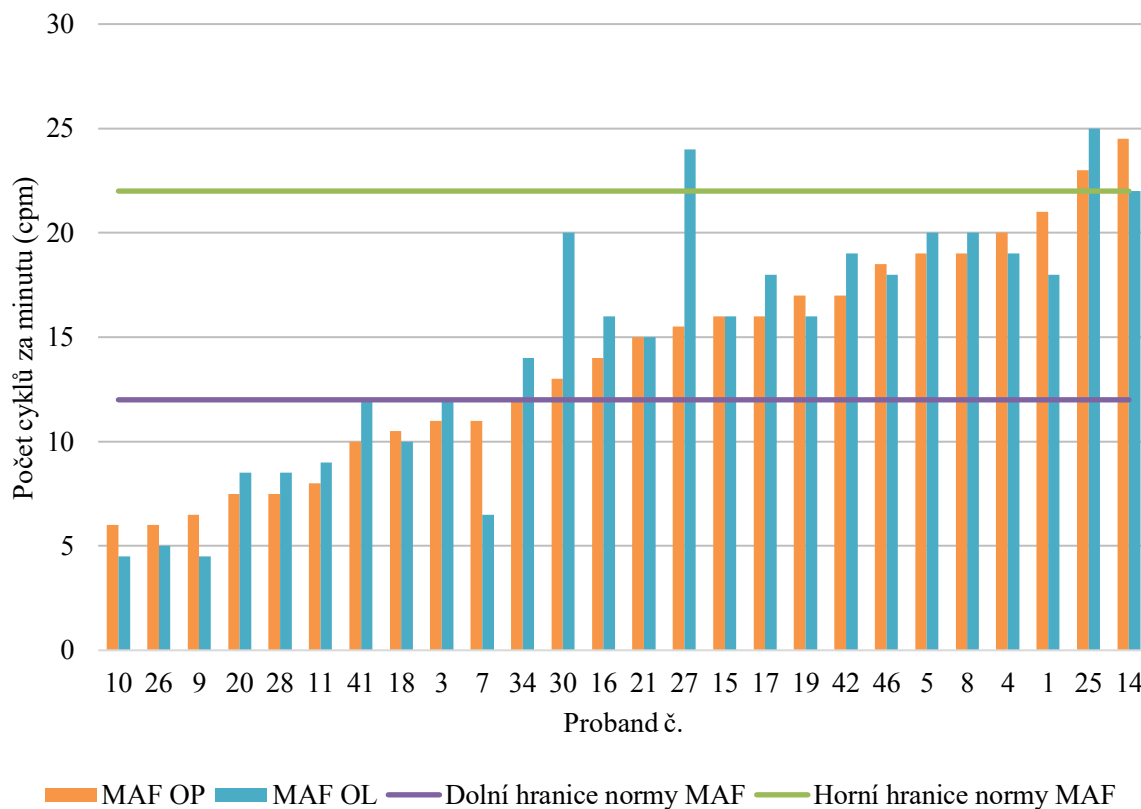
5.4.7 Předpoklad č.2

Druhý předpoklad byl hodnocen dle normy monokulární akomodační facility jako v případě předpokladu č.1 (Tabulka 5-10). Získané hodnoty monokulární akomodační facility osob s vergenční poruchou jsou zaznamenány v tabulce 5-12. Součástí je také informace, zda se pomalejší reakce při zaostření testové značky projevila u plusové či minusové čočky flipperu. Tato data však nebyla zahrnuta do vyhodnocení předpokladu č.2.

Tabulka 5-12: Typ vergenční poruchy s hodnotou monokulární akomodační facility [vlastní zpracování]

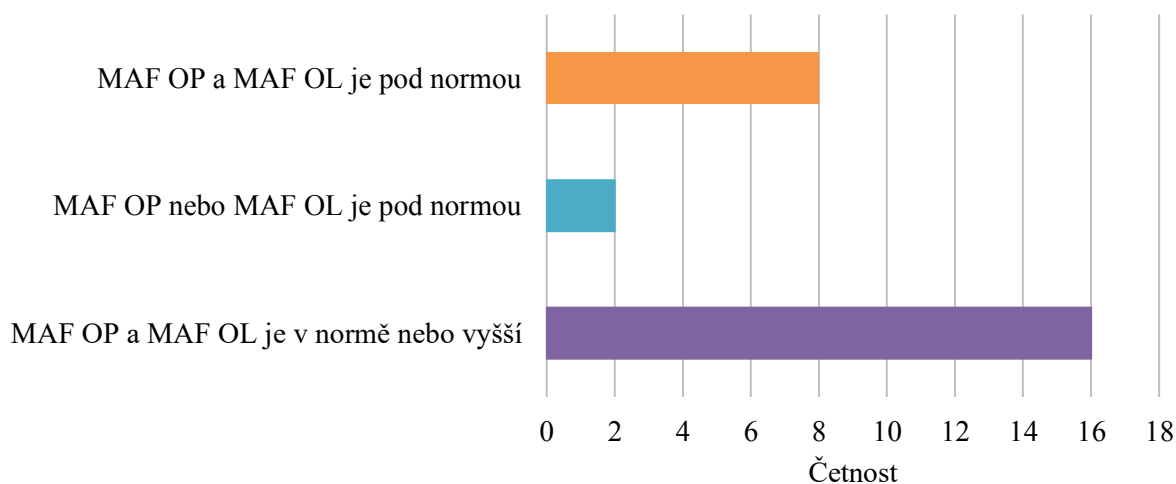
Proband č.	Typ poruchy	MAF			
		OP		OL	
		cpm	Čočka, při které byla pomalejší reakce	cpm	Čočka, při které byla pomalejší reakce
1	konvergenční insuficience	21	-	18	-
3	konvergenční insuficience	11	mínus	12	mínus
4	konvergenční insuficience	20	-	19	mínus
5	divergentní insuficience	19	mínus	20	mínus
7	konvergenční insuficience	11	mínus	6,5	plus
8	základní exoforie	19	-	20	-
9	konvergenční insuficience	6,5	plus	4,5	plus
10	konvergenční insuficience	6	plus	4,5	plus
11	konvergenční exces	8	mínus	9	mínus
14	konvergenční insuficience	24,5	-	22	-
15	základní esoforie	16	plus	16	plus
16	základní exoforie	14	-	16	-
17	základní exoforie	16	-	18	mínus
18	konvergenční insuficience	10,5	plus	10	plus
19	konvergenční insuficience	17	mínus	16	mínus
20	konvergenční insuficience	7,5	mínus a plus	8,5	mínus a plus
21	konvergenční insuficience	15	-	15	-
25	dysfunkce fúznívergence	23	-	25	-
26	konvergenční insuficience	6	plus	5	plus
27	základní esoforie	15,5	-	24	-
28	konvergenční insuficience	7,5	plus	8,5	plus
30	základní esoforie	13	mínus	20	-
34	konvergenční insuficience	12	mínus	14	-
41	konvergenční insuficience	10	mínus a plus	12	mínus a plus
42	konvergenční insuficience	17	-	19	plus
46	konvergenční insuficience	18,5	plus	18	plus

Naměřená data byla následně vzestupně uspořádána podle hodnoty MAF OP a byla graficky znázorněna i s hodnotami znázorňujícími dolní a horní hranici použité normy MAF (Obrázek 5-14). Tento graf prezentuje vztah MAF pravého a levého oka, ze kterého je zřejmé, že se ve většině případů výrazně neliší naměřená hodnota cpm pravého a levého oka. Současně obrázek 5-14 zobrazuje jednotlivé probandy, jejichž hodnota MAF vykazuje hodnoty nižší, než je stanovená dolní hranice normy monokulární akomodační facility.



Obrázek 5-14: Graf vzestupně uspořádaných hodnot MAF pravého a levého oka s vyznačenou normou MAF [vlastní zpracování]

Celkem 61,5 % probandů s vergenční poruchou dokončí oběma očima monokulárně očekávaný či dokonce vyšší počet cyklů za minutu při vyšetření akomodační facility. 7,7 % probandů s vergenční poruchou má jednu z hodnot MAF pod normou. Zbýlých 30,8 % probandů dosahuje nízkých hodnot při stanovení monokulární akomodační facility (Obrázek 5-15).



Obrázek 5-15: Četnost probandů s vergenční poruchou dle normy MAF [vlastní zpracování]

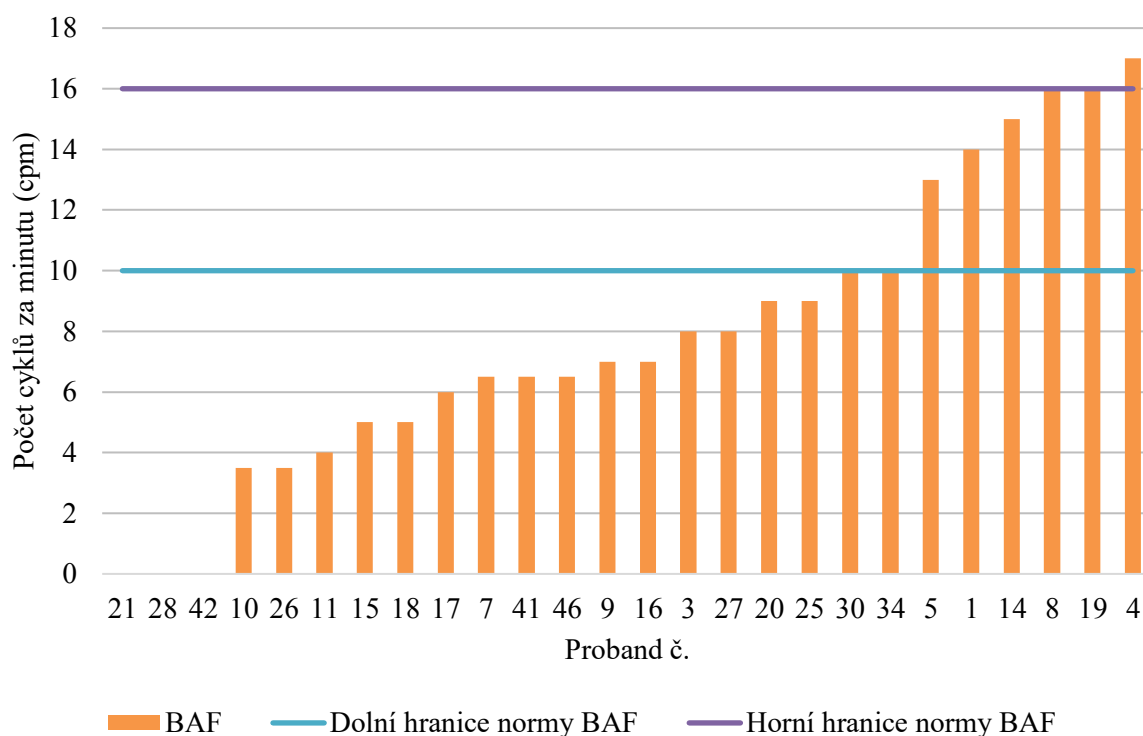
5.4.8 Předpoklad č.3

Předpoklad č.3 byl vyhodnocen taktéž na základě normy BAF dané W. J. Benjaminem (Tabulka 5-10), obdobně jako v případě předpokladu č.1. K hodnocení byla využita taktéž tabulka analytického přístupu k diagnostice akomodačních a vergenčních poruch [24] z kapitoly 5.1. Data osob s nestrabickou binokulární poruchou, která byla předmětem vyhodnocení, jsou uvedena v tabulce 5-13.

Tabulka 5-13: Typ vergenční poruchy a hodnotou BAF [vlastní zpracování]

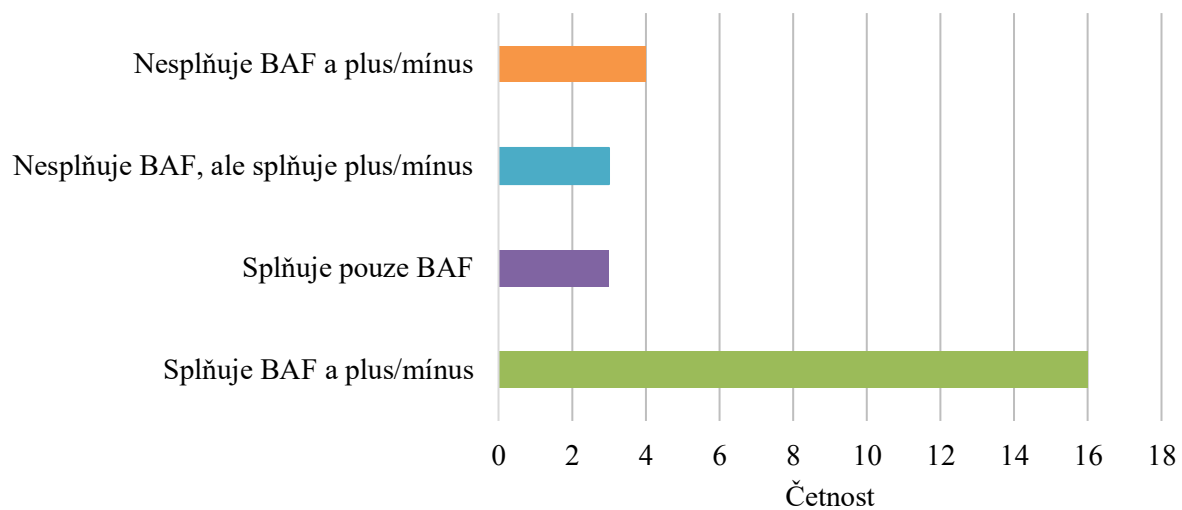
Proband č.	Typ poruchy	BAF	
		cpm	Čočka, při které byla pomalejší reakce
1	konvergenční insuficience	14	-
3	konvergenční insuficience	8	plus
4	konvergenční insuficience	17	plus
5	divergentní insuficience	13	mínus
7	konvergenční insuficience	6,5	plus
8	základní exoforie	16	-
9	konvergenční insuficience	7	mínus
10	konvergenční insuficience	3,5	plus
11	konvergenční exces	4	mínus
14	konvergenční insuficience	15	plus
15	základní esoforie	5	mínus
16	základní exoforie	7	plus
17	základní exoforie	6	mínus
18	konvergenční insuficience	5	plus
19	konvergenční insuficience	16	mínus
20	konvergenční insuficience	9	mínus a plus
21	konvergenční insuficience	0	plus - suprese OP
25	dysfunkce fúzní vergence	9	mínus
26	konvergenční insuficience	3,5	plus
27	základní esoforie	8	mínus
28	konvergenční insuficience	0	plus - suprese OL
30	základní esoforie	10	mínus
34	konvergenční insuficience	10	mínus
41	konvergenční insuficience	6,5	střídavě suprese OL plus i mínus
42	konvergenční insuficience	0	plus nelze
46	konvergenční insuficience	6,5	mínus a plus

Číselné hodnoty binokulární akomodační facility byly vzestupně uspořádány a graficky znázorněny (Obrázek 5-16). Z grafu vyplývá, že většina probandů s vergenční poruchou dosahuje nižších hodnot, než je uvedená hranice normy binokulární akomodační facility.



Obrázek 5-16: Graf vzestupných hodnot BAF u osob s vergenční poruchou [vlastní zpracování]

Do vyhodnocení byly vedle číselných hodnot BAF zařazena také data vypovídající o obtížnosti mínusové či plusové čočky akomodačního flipperu při samostatném vyšetření. Celkem 61,54 % osob s vergenční poruchou splňuje dle typu poruchy očekávanou hodnotu BAF. Současně se u těchto osob také potvrdil typ čočky, u kterého byla pomalejší reakce v podobě zaostření a spojení obrazu testové značky. Tento problém nemělo 11,54 % testovaných osob, u kterých se potvrdila pouze očekávaná hodnota BAF. Obdobně 11,54 % probandů dosáhlo hodnot BAF, které však neodpovídaly teoretickému předpokladu, že osoby s vergenční poruchou mají nízké hodnoty BAF. Tyto osoby však vykazovaly zpomalenou reakci při předsazení čočky flipperu dle teoretického základu (Tabulka 5-1). Zbýlých 15,38 % taktéž nemělo adekvátní počet cyklů BAF a ani se u nich nepotvrdila zpomalená reakce na plusovou nebo mínusovou čočku flipperu dle tabulky 5-1. (Obrázek 5-17)



Obrázek 5-17: Grafické znázornění osob splňující hodnotu BAF u vergenčních poruch [vlastní zpracování]

6 Diskuze

Již při zpracování teoretické části bylo zjištěno, že očekávané hodnoty monokulární a binokulární akomodační facility dosahují různých hodnot v závislosti na metodě vyšetření či v závislosti na věkové skupině vyšetřovaných. I v případě porovnání metody využívající akomodační flipper u stejné věkové skupiny byly zjištěny rozdíly.

Střední hodnota vycházející z naměřených dat monokulární akomodační facility odpovídala $15,5 \pm 5,2$ cpm. V porovnání s normou stanovenou na základě studie Zellers et al., která očekává hodnoty MAF 11 ± 5 cpm [14] [20] [33] [34], je mnou naměřená střední hodnota vyšší. Norma Williama J. Benjamina, která byla použita při vyhodnocení předpokladů, dosahuje hodnot MAF 17 ± 5 cpm, která je v porovnání s naměřenou střední hodnotou o 1,5 cpm vyšší [2]. K obdobnému zjištění došlo i v případě naměřených hodnot binokulární akomodační facility, kde je střední hodnota $10,5 \pm 5$ cpm. V porovnání s normou Benjamina jsou hodnoty nízké, neboť je jeho norma BAF stanovena na 13 ± 3 cpm [2]. Ve srovnání se studií Zellers et al., jehož norma BAF má hodnotu 8 ± 5 cpm, jsem naměřila v opět vyšší hodnoty [14] [20] [33] [34].

Zajímavým zjištěním bylo, že střední hodnota binokulární akomodační facility vypočtená na základě změřených hodnot pouze u osob s vergenční poruchou odpovídá normě BAF stanovené na základě výsledků studie Zellers et al., které se účastnili osoby nepresbyopického věku a nebyla u nich potvrzena přítomnost strabismu. Z tohoto důvodu shledávám tuto normu jako neadekvátní pro hodnocení akomodačně-vergenčních poruch. [14] [20] [33] [34]

Studie zabývající se prevalencí akomodačních a vergenčních poruch, naznačují jejich obvyklý výskyt v běžné populaci [35] [36] [43] [44]. V porovnání s vybranými studiemi, které byly provedeny u studentů vysokých škol po celém světě bylo zjištěno, že prevalence vergenčních poruch je v porovnání s mými výsledky (52 %) výrazně nižší [36] [44] [45] [46]. Při komparaci dosažených výsledků počtu symptomatických osob s vergenční poruchou (24 %) s výzkumem Richmana a Laudona [46], kteří dospěli k prevalenci 27 %, lze konstatovat, že je výskyt nestrabických binokulárních poruch v těchto dvou populacích srovnatelný. V mém výzkumu byla nejfrekventovanější poruchou vergenčního systému konvergenční insuficience (34 %), což je ve shodě i s výzkumy prováděnými v populaci vysokoškolských studentů [44] [45] [46]. Symptomatika se však týkala pouze 16 % osob s insuficiencí konvergence, kteří se zúčastnili mého praktického měření.

V případě mé testované skupiny osob je výskyt akomodačních poruch nižší v komparaci s jinými studii [36] [45]. Pouze jedna studie [44] měla srovnatelný výskyt akomodačních poruch, který odpovídá 2,29 %.

Předpoklad č.1, že akomodační poruchy stanovené na základě akomodační amplitudy vykazují nízké hodnoty monokulární akomodační facility a binokulární akomodační facility, nelze z mého testovaného vzorku potvrdit. Akomodační poruchy jsem diagnostikovala na základě významnějšího snížení akomodační amplitudy vzhledem k věku vyšetřovaného, což nastalo v jednom případě z 50 probandů, kteří se účastnili experimentální části bakalářské práce. V tomto případě byl potvrzen předpoklad, že osoby s akomodační poruchou mají nízké hodnoty akomodační facility za monokulárních i binokulárních podmínek. Tento předpoklad nelze rozšířit na běžnou populaci mladých dospělých ve věku od 18–25 let.

Druhý předpoklad má za cíl ověřit, zda vergenční poruchy vykazují normální či vyšší hodnoty monokulární akomodační facility. Dle očekávání jsem naměřila u 61,5 % testovaných osob, u kterých byla potvrzena diagnóza poruchy vergenčního systému, hodnoty spadající do intervalu normy. Ve zbylých případech byla naměřena hodnota, která se nacházela na dolní hranici nebo byla i pod hranicí očekávané normy. Na základě naměřených dat, lze potvrdit stanovený předpoklad, že osoby s vergenční poruchou mají normální či vyšší hodnoty binokulární akomodační facility.

Předpoklad č.3 ověřující, zda vergenční poruchy, vyjma těch, které jsou vázány pouze na dálku (divergentní excés, divergentní insuficience), vykazují nízké hodnoty binokulární akomodační facility, byl vyhodnocen ze souboru 26 probandů, u kterých jsem diagnostikovala nestrabickou binokulární poruchu. Pro posouzení úspěšnosti bylo rozhodující splnění hodnoty binokulární akomodační facility odpovídající typu vergenční poruchy. Doplňujícím a upřesňujícím kritériem bylo nalezení shody s teoretickým základem typu čočky flipperu, který způsobil pomalejší odezvu akomodačního a vergenčního systému. Tato dvě kritéria současně splňovalo 61,54 % testovaných osob. V rozporu s předpokladem byl jev, při kterém hodnota BAF neodpovídala vergenční anomálii (15,38 %) nebo splňovala pouze typ čočky (11,54 %). Na základě splnění předpokladu v 73,08 % případů jsem potvrdila snížené hodnoty BAF u vergenčních poruch, s výjimkou dvou anomálií, které jsou spojeny s pohledem do dálky.

Vzhledem k tomu, že v odborné literatuře chybí přesně stanovená kritéria pro vyhodnocení akomodačních a vergenčních anomálií, může docházet k rozdílné diagnostice a prevalenci poruch, dle stanovených norem a provedených vyšetření. Mé výsledky tak mohly být ovlivněny skutečností, že součástí diagnostického základu poruch nebyla MAF a BAF. Současně

diagnostika akomodačně-vergenčních poruch proběhla na základě řady vyšetření, která byla subjektivního charakteru, proto nelze vyloučit ovlivnění výsledků lidskými faktory. I v případě akomodační facility mohly být výsledné hodnoty počtu cyklů za minutu ovlivněny subjektivním posouzením ostrosti a jednoduchosti testové značky. Vliv na vyšetření měla denní doba, během které byly náhodně vybrané osoby testovány.

7 Závěr

Bakalářská práce s názvem Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch, se v úvodu teoretické části věnovala popisu vzniku jednoduchého binokulárního vidění. Bylo zjištěno, že na správném binokulárním vjemu se podílejí dva vzájemně provázané systémy, akomodační a vergenční. V této souvislosti byla popsána anatomie a fyziologie struktur oka, které se podílejí na správné funkci akomodace avergence. V případě, že je zjištěna alespoň u jednoho systému patologie, může docházet k výskytu akomodačních a vergenčních poruch.

Akomodační poruchy lze klasifikovat dle Duana na insuficienci akomodace, obrnu akomodace, akomodační excés, akomodační spasmus a akomodační infacilitu. Na klasifikaci nestrabických binokulárních anomálií se podílela řada odborníků, nejběžnější klasifikací, kterou jsem uvedla, je klasifikace na insuficienci konvergence, konvergenční excés, divergentní insuficienci, excés divergence, základní esofozii a základní exofozii. Při diagnostice je nutné určit přesný typ poruchy, neboť každá porucha má specifické řešení v podobě zrakového tréninku, prizmatické korekce, dodatečné adice či použití antikorekce. Doporučený postup řešení jsem uvedla vždy u dané poruchy. Tyto anomálie binokulárního systému se běžně vyskytují v lidské populaci, ale pouze některé jedince omezují v každodenním životě. Vzhledem k podobné symptomatice u poruch je nutné provádět při jejich diagnostice sadu několika vyšetření, které přímo i nepřímo hodnotí vergenční a akomodační systém. Z dostupné odborné literatury a vědeckých studií jsem zjistila, že není ustálený postup, kritéria ani normy na základě kterých jsou akomodační a nestrabické vergenční poruchy detekovány.

Jedním z takovýchto vyšetření je stanovení akomodační facility za monokulárních a binokulárních podmínek, která hodnotí dynamiku akomodačního systému. Binokulární akomodační facility hodnotí nejen akomodační, ale i vergenční systém, přesněji nepřímo hodnotí rozsah pozitivní a negativní fúznívergence. Bylo zjištěno, že existují dvě metody, díky kterým lze změřit akomodační facility. V praxi je však z velké části využívána metoda s použitím akomodačního flipperu, proto byl tento postup stanovení akomodační facility použit i v případě mé experimentální části. Druhá metoda "near-far Hart chart test" je spíše využívána v případě zrakového tréninku, který je použit k normalizaci akomodační a vergenční dynamiky než v případě diagnostiky. K zrakovému tréninku lze použít i akomodační flipper. Podmínky samotného vyšetření se odvíjejí od věku pacienta, protože z důvodu snižující se akomodační šíře, je nutné na jejím základě upravit sférickou hodnotu akomodačního flipperu i vyšetřovací vzdálenost. Z tohoto důvodu se stanovuje akomodační facility zejména u dětí a

u nepresbyopických osob, kde se využívá nejčastěji vyšetřovací vzdálenost 40 cm a flipper s hodnotou $\pm 2,0$ dpt.

Praktická část bakalářské práce si kladla za cíl ověřit, zda výsledky monokulární a binokulární akomodační facility odpovídají akomodačním a vergenčním poruchám, které byly diagnostikovány podle analytického přístupu v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch. Osoby účastníci se výzkumné činnosti byly diagnostikovány nejčastěji s vergenční poruchou (52 %). Největší zastoupení měla insuficience konvergence, která byla detekována u 34 %, symptomy pociťovala pouze polovina z nich. Druhou velkou skupinu tvořili osoby, u kterých byla zjištěna jen refrakční vada bez přítomnosti poruchy. Nález akomodační poruchy se potvrdil pouze v jednom případě.

Experimentální část poskytla výsledky, u kterých se potvrdilo, že hodnoty monokulární akomodační facility jsou v porovnání s hodnotami binokulární akomodační facility vyšší. Současně jen u zlomku vyšetřovaných osob byl zjištěn výrazně vyšší rozdíl v počtu cyklů akomodační facility změřeného u pravého a levého oka.

Na základě výsledků experimentální části jsem potvrdila, že v případě vergenčních poruch odpovídají výsledky monokulárně zjištěné předpokladu normálních hodnot akomodační facility. Potvrdila jsem i předpoklad, že vergenční poruchy, vyjma těch, které jsou vázány pouze na dálku, dosahují nízkých hodnot binokulární akomodační facility. Je však nutné si uvědomit, že nízkých hodnot binokulární akomodační facility dosahují i poruchy akomodačního systému. Tento předpoklad však nebylo možné ve výzkumné části generalizovat na širší populaci, neboť byl výskyt akomodačních poruch v testovaném souboru osob nízký. Odlišení akomodačních poruch od vergenčních je možné na základě hodnot akomodační amplitudy a na základě porovnání hodnot monokulární akomodační facility, které jsou nízké pouze v případě diagnostikované akomodační poruchy.

Závěry bakalářské práce prokázaly důležitost vyšetření akomodační facility při diagnostice akomodačních a vergenčních poruch. Osobně bych na základě výsledků experimentální části a odborného teoretického základu doporučila vždy při diagnostice dysfunkcí vergenčního a akomodačního systému provedení vyšetření akomodační facility za binokulárních i monokulárních podmínek.

Seznam použité literatury

- [1] EVANS, Bruce J. W. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [2] BENJAMIN, William J. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. Editor William J. BENJAMIN. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinemann, 2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [3] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vydání. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [4] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [5] BENEŠ, Pavel a Petr VESELÝ. *Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi* [online]. 1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2019 [cit. 2022-01-01]. ISBN 978-80-271-2722-1. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/vysetrovaci-metody-v-optometrii-5110/>
- [6] ROWE, Fiona J. *Clinical Orthoptics*. 3rd edition. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2012. ISBN 978-1-4443-3935-5.
- [7] EFRON, Nathan. *Optometry A-Z*. 1st pub. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-4913-1.
- [8] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. *Nauka o zraku*. 1. vydání - dotisk. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [9] TUNNACLIFFE, Alan H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. London: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 0-900099-28-3.
- [10] STIDWILL, David a Robert FLETCHER. *Normal binocular vision: theory, investigation, and practical aspects*. 1st pub. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 978-1-4051-9250-7.
- [11] SMITH, George a David A. ATCHISON. *The eye and visual optical instruments*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. ISBN 0-521-47820-0.

- [12] VON NOORDEN, Gunter K. a Emilio C. CAMPOS. *Binocular Vision and Ocular Motility: Theory and management of strabismus*. 6th edition. St. Louis, Missouri: Mosby, Inc., 2002. ISBN 0-323-01129-2.
- [13] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika* [online]. 1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2011 [cit. 2022-01-01]. ISBN 978-80-247-7190-8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/ocni-propedeutika-831/>
- [14] EVANS, Bruce a Sandip DOSTI. *Binocular Vision & Orthoptics: Investigation and management*. 1st edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN 0750647132.
- [15] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3* [online]. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016 [cit. 2021-11-02]. ISBN 978-80-247-9552-2. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/anatomie-3-2286/>
- [16] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění* [online]. 2., doplněné a přepracované vydání. Praha: GRada Publishing, 2014 [cit. 2021-11-02]. ISBN 978-80-247-8499-1. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/fyziologie-oka-a-videni-1133/>
- [17] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [18] REMINGTON, Lee Ann. *Clinical Anatomy of the Visual System*. 2nd edition. St. Louis, Missouri: Elsevier Butterworth Heinemann, 2005. ISBN 0-7506-7490-3.
- [19] ATCHISON, David A. a George SMITH. *Optics of the human eye*. 1. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. ISBN 0-7506-3775-7.
- [20] ELLIOTT, David B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 3rd edition. Philadelphia: Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 9780750688963.
- [21] The Extraocular Muscles. In: *Myaware: Fighting Myasthenia Together* [online]. United Kingdom [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.myaware.org/extraocular-muscles>
- [22] OH, Kwang-Keun, Byeong-Yeon MOON, Hyun Gug CHO, Sang-Yeob KIM a Dong-Sik YU. The effect of uncorrected ametropia on ocular torsion induced by changes in fixation. *PeerJ* [online]. 2021, 9 [cit. 2022-02-10]. ISSN 2167-8359. Dostupné z: [doi:10.7717/peerj.11932](https://doi.org/10.7717/peerj.11932)

- [23] MAYS, L. E., Y. ZHANG, M. H. THORSTAD a P. D. GAMLIN. Trochlear unit activity during ocular convergence. *Journal of Neurophysiology* [online]. 1991, **65**(6), 1484-1491 [cit. 2022-02-10]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.1991.65.6.1484
- [24] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. 4th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2014. ISBN 978-1-4511-7525-7.
- [25] EVANS, Bruce. *Eye essentials: Binocular Vision*. 1st edition. Philadelphia: Elsevier, 2005. ISBN 0750688505.
- [26] ROSENFELD, Mark a Nicola LOGAN. *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. 2nd edition. Edinburgh: Butterworth Heinemann Elsevier, 2009. ISBN 9780750687782.
- [27] VERA, Jesús, Beatriz REDONDO, Rubén MOLINA, George-Alex KOULIERIS a Raimundo JIMÉNEZ. Validation of an Objective Method for the Qualitative and Quantitative Assessment of Binocular Accommodative Facility. *Current Eye Research* [online]. 2020, **45**(5), 636-644 [cit. 2021-12-13]. ISSN 0271-3683. Dostupné z: doi:10.1080/02713683.2019.1688837
- [28] *Bernell: A Division of Vision Training Products, Inc.* [online]. Street, Mishawaka, IN, USA: Bernell Corporation, 2022 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.bernell.com>
- [29] PRESS, Leonard J. *Applied concepts in vision therapy: with accompanying CD*. OEP edition. Santa Ana: Optometric extension program, 2013. ISBN 978-0-929780-18-4.
- [30] OTERO, Carles, Mikel ALDABA, Silvia LÓPEZ, Fernando DÍAZ-DOUTÓN, Fuensanta A. VERA-DÍAZ a Jaume PUJOL. Random Changes of Accommodation Stimuli: An Automated Extension of the Flippers Accommodative Facility Test. *Current Eye Research* [online]. 2018, **43**(6), 788-795 [cit. 2021-12-13]. ISSN 0271-3683. Dostupné z: doi:10.1080/02713683.2018.1444181
- [31] ALLEN, Peter M., W. Neil CHARMAN a Hema RADHAKRISHNAN. Changes in dynamics of accommodation after accommodative facility training in myopes and emmetropes. *Vision Research* [online]. 2010, **50**(10), 947-955 [cit. 2021-12-29]. ISSN 00426989. Dostupné z: doi:10.1016/j.visres.2010.03.007

- [32] ALLEN, Peter M. a Daniel J. O'LEARY. Accommodation functions: Co-dependency and relationship to refractive error. *Vision Research* [online]. 2006, **46**(4), 491-505 [cit. 2021-12-29]. ISSN 00426989. Dostupné z: doi:10.1016/j.visres.2005.05.007
- [33] SCHEIMAN, MITCHELL, HARRIET HERZBERG, KELLY FRANTZ a MARK MARGOLIES. Normative Study of Accommodative Facility in Elementary Schoolchildren. *Optometry and Vision Science* [online]. 1988, **65**(2), 127-134 [cit. 2021-12-13]. ISSN 1040-5488. Dostupné z: doi:10.1097/00006324-198802000-00009
- [34] ZELLERS, J. A., T. L. ALPERT a M. V. ROUSE. A review of the literature and a normative study of accommodative facility. *Journal of the American Optometric Association* [online]. 1984, **55**(1), 31-37 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/6699343>
- [35] GARCIA, Angel, Pilar CACHO, Francisco LARA a Ramon MEGIAS. The relation between accommodative facility and general binocular dysfunction. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2000, **20**(2), 98-104 [cit. 2021-12-13]. ISSN 0275-5408. Dostupné z: doi:10.1046/j.1475-1313.2000.00478.x
- [36] FRANCO, Sandra, Alexandra MOREIRA, Ana FERNANDES a António BAPTISTA. Accommodative and binocular vision dysfunctions in a Portuguese clinical population. *Journal of Optometry* [online]. 2021 [cit. 2021-12-29]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2021.10.002
- [37] ADLER, Paul, Andrew J SCALLY a Brendan T BARRETT. Test-retest reproducibility of accommodative facility measures in primary school children. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2018, **101**(6), 764-770 [cit. 2021-11-07]. ISSN 0816-4622. Dostupné z: doi:10.1111/cxo.12691
- [38] KEDZIA, Boleslaw, Danuta PIECZYRAK, Grazyna TONDEL a Willis C. MAPLES. Factors affecting the clinical testing of accommodative facility. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1999, **19**(1), 12-21 [cit. 2021-12-13]. ISSN 0275-5408. Dostupné z: doi:10.1046/j.1475-1313.1999.00396.x
- [39] RABBETTS, Ronald B. *Bennett & Rabbetts' Clinical Visual Optics*. 4th edition. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8874-1.

- [40] CALO-SANTIAGO, Rosa, Hugo PENA-VERDEAL, Carlos GARCÍA-RESÚA, Eva PUNIN DORRIO, Maria Jesus GIRALDEZ a Manuel Filipe P. MARTINS COSTA. Assessment of the accommodative facility training with flippers between sessions. *Fourth International Conference on Applications of Optics and Photonics* [online]. Lisbon: SPIE, 2019, **11207**(6), 16- [cit. 2021-12-13]. ISBN 9781510631632. Dostupné z: doi:10.1117/12.2525858
- [41] CHANG, Amy, Steve E. RITTER a Xiao Xi YU. *Neurovision rehabilitation guide*. 1st edition. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4987-6256-4.
- [42] RICHMAN, Jack E. a Michael T. CRON. Guide to vision therapy. In: *Bernell: A division of vision training products, Inc.* [online]. Mishawaka: Bernell Corporation, 2022 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.bernell.com/product/BCV/Books>
- [43] LARA, Francisco, Pilar CACHO, Ángel GARCÍA a Ramón MEGÍAS. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2001, **21**(1), 70-74 [cit. 2022-05-02]. ISSN 0275-5408. Dostupné z: doi:10.1046/j.1475-1313.2001.00540.x
- [44] GARCÍA-MUÑOZ, Ángel, Stela CARBONELL-BONETE, Mario CANTÓ-CERDÁN a Pilar CACHO-MARTÍNEZ. Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2016, **99**(4), 313-321 [cit. 2022-05-02]. ISSN 0816-4622. Dostupné z: doi:10.1111/cxo.12376
- [45] OVENSERI-OGBOMO, Godwin O. a Ovigwe Peter EGUEGU. Vergence findings and horizontal vergence dysfunction among first year university students in Benin City, Nigeria. *Journal of Optometry* [online]. 2016, **9**(4), 258-263 [cit. 2022-05-02]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2016.01.004
- [46] RICHMAN, Jack E. a Richard C. LAUDON. A survey of the prevalence of binocular and accommodative dysfunctions in a sample of optometry students. *Journal of Behavioral Optometry* [online]. 2002, **13**(2), 31-33 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.oepf.org/wp-content/uploads/2021/08/13-220RichmanLaudon1.pdf>

Seznam symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
JBV	Jednoduché binokulární vidění
NRC	Normální retinální korespondence
ARC	Anomální retinální korespondence
NPA	Blízký bod akomodace
dpt	Dioptrie, jednotka optické mohutnosti
n.	Nervus
CA/C	Poměr konvergenční akomodace a konvergence
m.	Musculus
r.	Rectus
NPC	Blízký bod konvergence
AC/A	Poměr akomodační konvergence a akomodace
AA	Akomodační amplituda
PRA	Pozitivní relativní akomodace
MAF	Monokulární akomodační facilita
BAF	Binokulární akomodační facilita
BI	Báze nazálně
NRA	Negativní relativní akomodace
PD	Pupilární vzdálenost
PFV	Pozitivní fúzní vergence
pdpt	Prizmatická dioptrie, jednotka charakterizující prizma
NFV	Negativní fúzní vergence
BO	Báze temporálně
cpm	Počet cyklů za minutu
lx	Lux, jednotka osvětlení
D	Dálka
B	Blízko
OP	Oko pravé
OL	Oko levé

Seznam obrázků

Obrázek 2-1: Vieth-Müllerova horoptorová kružnice [vlastní zpracování]	5
Obrázek 2-2: Fyziologická diplopie zkřížená (heteronymní, A) a nezkrížená (homonymní, B), kde F je bod fixace, p' a P je bod v prostoru, který je viděn dvojitě [12]	6
Obrázek 2-3: Panumův prostor a Panumovy areály, kde x je předmět zobrazený na sítnici, f je fovea a F je bod fixace [2].....	7
Obrázek 2-4: Porovnání stavu oční čočky a řasnatého tělesa při pohledu do dálky a do blízka [19].....	10
Obrázek 2-5: Okohybné svaly [21]	12
Obrázek 2-6: Flickovy osy [18].....	13
Obrázek 4-1: Akomodační flipper $\pm 2,0$ dpt [28]	29
Obrázek 4-2: „Near-far“ test – princip vyšetření [28].....	30
Obrázek 4-3: „Flipper lens“ test - princip vyšetření [25]	31
Obrázek 4-4: Polarizovaný Bernellův vektogram č.9 [28].....	33
Obrázek 4-5: Rockova karta v kombinaci s anaglyfním filtrem [28].....	34
Obrázek 5-1: Zkušební obruba s červeným Maddoxovým cylindrem a jednotka do blízka s modifikovaným Thoringtonovým testem [vlastní zpracování]	43
Obrázek 5-2: Test fixační disparity na LCD optotypu pro hodnocení vertikální (nahore) a horizontální (dole) asociované forie [vlastní zpracování]	43
Obrázek 5-3: Čtecí tabulka obsahující Howellův test (vlevo), prizmatická lišta vertikální (uprostřed) a horizontální (vpravo) [vlastní zpracování].....	44
Obrázek 5-4: Čtecí tabulka do blízka (vlevo) a prizmatická tyčinka (vpravo) [vlastní zpracování]	45
Obrázek 5-5: Zkušební obruba s polarizovanými filtry a jednotka do blízka NV-100 se zvětšeným horizontálním XOX testem, který tvořil fixační stimul při vyšetření akomodační facility [vlastní zpracování]	46
Obrázek 5-6: Procentuální zastoupení mužů a žen [vlastní zpracování].....	49
Obrázek 5-7: Procentuální zastoupení osob s vergenční / akomodační poruchou a osob s refrakční vadou bez poruchy [vlastní zpracování]	51
Obrázek 5-8: Četnost jednotlivých typů nestrabických vergenčních poruch [vlastní zpracování]	52
Obrázek 5-9: Četnost symptomů u osob s akomodační poruchou, s vergenční poruchou a u osob bez poruchy s refrakční vadou [vlastní zpracování].....	53
Obrázek 5-10: Četnost asymptomatických a symptomatických osob dle typu vergenční poruchy [vlastní zpracování]	53
Obrázek 5-11: Grafické zobrazení naměřených hodnot monokulární a binokulární akomodační facility [vlastní zpracování]	56
Obrázek 5-12: Grafické porovnání hodnot akomodační facility u osob s vergenční poruchou a osob bez poruchy [vlastní zpracování]	56
Obrázek 5-13: Grafické znázornění hodnot akomodační facility u akomodační poruchy [vlastní zpracování]	58

Obrázek 5-14: Graf vzestupně uspořádaných hodnot MAF pravého a levého oka s vyznačenou normou MAF [vlastní zpracování]	60
Obrázek 5-15: Četnost probandů s vergenční poruchou dle normy MAF [vlastní zpracování]	60
Obrázek 5-16: Graf vzestupných hodnot BAF u osob s vergenční poruchou [vlastní zpracování]	62
Obrázek 5-17: Grafické znázornění osob splňující hodnotu BAF u vergenčních poruch [vlastní zpracování]	63

Seznam tabulek

Tabulka 4-1: Očekávané hodnoty akomodační facility	35
Tabulka 4-2: Hodnoty vyšetřovací vzdálenosti a hodnot čoček flipperu v závislosti na AA [24]	37
Tabulka 5-1: Očekávané hodnoty MAF a BAF u akomodačních a vergenčních poruch [24] .	40
Tabulka 5-2: Analytický přístup k diagnostice akomodačních a vergenčních poruch [24]	47
Tabulka 5-3: Normy vyšetření sloužících k diagnostice [24].....	48
Tabulka 5-4: Vztah disociované forie měřené do dálky a blízka [24] [vlastní zpracování].....	48
Tabulka 5-5: Očekávané hodnoty vergenční amplitudy [24]	49
Tabulka 5-6: Průměrné hodnoty včetně deviace u naměřených hodnot vyšetření sloužících k diagnostice [vlastní zpracování]	50
Tabulka 5-7: Průměrné hodnoty naměřených hodnota vergenční amplitudy [vlastní zpracování]	51
Tabulka 5-8: Výsledky vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility u osob s poruchou a u osob bez poruchy [vlastní zpracování]	54
Tabulka 5-9: Střední hodnota a odchylka naměřených hodnota MAF a BAF [vlastní zpracování]	55
Tabulka 5-10: Norma monokulární a binokulární akomodační facility podle W. J. Benjamina [2].....	57
Tabulka 5-11: Hodnoty MAF a BAF u akomodační poruchy [vlastní zpracování]	57
Tabulka 5-12: Typ vergenční poruchy s hodnotou monokulární akomodační facility [vlastní zpracování]	59
Tabulka 5-13: Typ vergenční poruchy a hodnotou BAF [vlastní zpracování].....	61

Příloha: Protokol

PROTOKOL k bakalářské práci

Využití výsledků vyšetření monokulární a binokulární akomodační facility v diagnostice akomodačních a vergenčních poruch

datum vyšetření:.....

JMÉNO:

PŘÍJMENÍ:

ROK NAROZENÍ:

ANAMNÉZA

důvod návštěvy:

např.: astenopie, bolest hlavy, pálení očí, tlak za očima, dvojité vidění, problémy se zaostřením při změně vzdálenosti, rozmazané vidění do B/D, fotofobie,....

oční anamnéza:

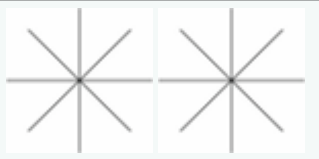
celková anamnéza:

léky:

visus naturalis - dálka			objektivní refrakce				
OP:	OL:		OP	sph	cyl	osa	P.D.
bino:			OL	sph	cyl	osa	P.D.

habituální korekce					visus mono	visus bino
OP	sph	cyl	osa	P.D.		
OL	sph	cyl	osa	P.D.		

nová korekce					visus mono	visus bino
OP	sph	cyl	osa	P.D.		
OL	sph	cyl	osa	P.D.		

Cover test			motilita		fúze (suprese, diplopie) dálka	stereopse	
	C-U	C-C				dálka	
dálka						blízko	
blízko							

VERGENČNÍ SYSTÉM					
heteroforie (Maddox)			Asociovaná forie		
	horizontální [pdpt]	vertikální [pdpt]	horizontální [pdpt]	vertikální [pdpt]	
dálka					
blízko					
vergenční amplituda				vergenční facilitita [cpm] (40 cm)	
	BI [pdpt]	BO [pdpt]	BU/BD [pdpt]		
dálka	/ /	/ /	/	NPC [cm]	
blízko	/ /	/ /	/	/	
AKOMODAČNÍ SYSTÉM					
NPA [cm]		AA [dpt]		NRA [dpt] (40 cm)	PRA [dpt] (40 cm)
OP		OP			
OL		OL			
bino		bino			
AC/A poměr (do blízka)					
sféra:		změna Δ :		AC/A	
sféra:		změna Δ :		AC/A	
MAF [cpm]			BAF [cpm]		
OP:		OL:			
mínus	plus	mínus	plus	mínus	plus
VYHODNOCENÍ					
cover test	AC/A poměr	NPC	vergenční amplituda	vergenční facilitita	AA
NRA	PRA	vztah HTF do dálky a blízka:			
TYP PORUCHY					
akomodační porucha	vergenční porucha	kombinovaná porucha	refrakční vada, bez poruchy		
porucha:					

ODPOVÍDÁ MAF: ANO / NE

ODPOVÍDÁ BAF: ANO / NE

DOPORUČENÍ / POZNÁMKY: