

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2020**

**MAGDALENA CHVALOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

**Vyšetření fúzních rezerv v praxi**

**Examination of fusional reserves in praxis**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autorka bakalářské práce: Magdalena Chvalová**

Vedoucí bakalářské práce: Bc. Přemysl Kučera

---

**Kladno 2020**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Chvalová** Jméno: **Magdalena** Osobní číslo: **465411**  
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:

**Vyšetření fúzních rezerv v praxi**

Název bakalářské práce anglicky:

**Examination of fusional reserves in praxis**

Pokyny pro vypracování:

Studentka představí teorii binokulárního vidění s důrazem na fúzi a vergenci. Dále popíše problematiku binokulárních anomálií a bude se věnovat způsobu zjištění fúzních rezerv a metodice měření. Studentka se zaměří na účelné využití zjištění fúzních rezerv a na možnosti jejich navýšení. V praktické části práce navrhne studentka vhodný dotazník pro zjištění, jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v terénu české optometrie vyšetřovány fúzní rezervy. Výsledky dotazníku ve své práci zpracuje a vyhodnotí.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SCHEIMAN, M., WICK, B., Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders, ed. 4., Lippincott Williams & Wilkins, 2014, 752 s., ISBN 978-1-45117-525-7
- [2] EVANS, B.J.W., Picwell's binocular vision anomalies, ed. 5., Elsevier, 2007, 454 s., ISBN 0-7506-8897-1
- [3] BENJAMIN, W. J., Borish's Clinical Refraction, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, 1694 s., ISBN 978-0-7506-7524-6

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Bc. Přemysl Kučera**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **11.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.  
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## **Název bakalářské práce:** Vyšetření fúzních rezerv v praxi

### **Abstrakt:**

V bakalářské práci se zaměřuji na problematiku fúzních rezerv v praxi optometristy. Pro správné pochopení posouzení fúzních rezerv je nutná znalost fyziologie a anatomie zrakového aparátu. V teorii se proto věnuji stručnému přehledu fyziologie a anatomie, binokulárním viděním, následně se věnuji heteroforii a fúzním rezervám, jejich vyšetřením, významem a možným navýšením. Cílem bakalářské práce bylo zjistit jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v optometrických praxích měřeny fúzní rezervy. Metodou výzkumu byl sociologický kvantitativní výzkum realizovaný formou online dotazníku. Z výzkumu vyplývá, že většina optometristů neměří fúzní rezervy. Zároveň výzkum odhalil, že více než třetina respondentů neprovádí pravidelně binokulární screening.

### **Klíčová slova:**

Binokulární vidění, vergence, heteroforie, fúzní rezervy, fúzní vergence

**Project's thesis title:** Examination of fusional reserves in praxis

**Abstract:**

In my bachelor's thesis I focus on the issue of fusional reserves in the practice of an optometrist. Knowledge of the anatomy and physiology of visual apparatus is necessary for a proper understanding of the assessment of fusion reserves. In theory, therefore, I focus on a brief overview of physiology and anatomy, binocular vision, then I focus on heterophoria and fusion reserves, their examination, significance and possible increase. Objectives of the bachelor thesis was to find out how, to what extent and for what reasons are fusion reserves measured in optometric practices. The research method was sociological quantitative research carried out in the form of an online questionnaire. Research shows that most optometrists do not measure fusion reserves. At the same time, research has revealed that more than a third of respondents do not perform binocular screening regularly.

**Key words:**

Binocular vision, vergence, heterophoria, fusional reserves, fusional vergence

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Bc. Přemyslu Kučerovi za čas, který mi věnoval během konzultací. Dále za cenné rady a připomínky k mé práci.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Vyšetření fúzních rezerv v praxi*“ 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
1 Binokulární vidění.....	2
1.1 Anatomický a fyziologický přehled.....	2
1.1.1 Okulomotorika.....	2
1.1.2 Sítnice.....	3
1.1.3 Optická média.....	4
1.1.4 Zraková dráha.....	6
1.2 Oční vergence.....	6
1.3 Vývoj a stupně binokulárního vidění.....	9
1.4 Binokulární anomálie.....	13
1.4.1 Anizeikonie.....	13
1.4.2 Strabismus.....	13
2 Heteroforie.....	16
2.1 Klasifikace heteroforie.....	16
2.2 Diagnostika a kvantifikace heteroforie.....	18
2.2.1 Objektivní metody zjištění heteroforie.....	18
2.2.2 Subjektivní testy zjištění heteroforie.....	20
2.3 Řešení heteroforie.....	21
3 Fúzní rezervy.....	27
3.1 Vyšetření fúzních rezerv.....	27
3.1.1 Negativní fúzní rezervy.....	27
3.1.2 Pozitivní fúzní rezervy.....	27
3.1.3 Vertikální fúzní rezervy.....	28
3.2 Vyhodnocení výsledků fúzních rezerv.....	29
3.2.1 Percivalovo kritérium.....	29
3.2.2 Sheardovo kritérium.....	30
3.2.3 Pravidlo 1:1.....	30
3.3 Zásady pro měření fúzních rezerv.....	30
3.4 Zrakový trénink k navýšení fúzních rezerv.....	31



---

4	Praktická část.....	36
4.1	Cíle.....	36
4.2	Metodika výzkumu .....	36
4.3	Předpoklady .....	37
4.4	Rozbor sebraných dat.....	37
4.5	Diskuse.....	50
5.	Závěr.....	51
	Seznam použité literatury .....	52
	Seznam symbolů a zkratk .....	56
	Seznam obrázků.....	57
	Seznam grafů .....	57
	Seznam tabulek.....	58
	Seznam rovnic .....	58
	Příloha A - Dotazník na téma Vyšetření fúzních rezerv v praxi .....	59

# 1. Úvod

Zrak je nepostradatelnou součástí každodenního života většiny jedinců. Kvalita binokulárního vidění jedince následně určuje nejen kvalitu zrakového vjemu, ale také fungování jedince v běžném životě. Nežřídka kdy se v optometrické praxi setkáváme s klienty, kteří mají poruchy binokulárního vidění na různé úrovni. U některých klientů se obtíže v běžném životě neprojevují. Netrpí migrénami, zrakovou únavou, dvojitým viděním či jinou anamnesticky významnou poruchou. U menšího procenta vyšetřovaných se projeví tyto obtíže, které jsou mnohdy napravitelné navýšením fúzních rezerv. Komplexním vyšetřením zraku získáme důležité informace o binokularitě jedince a o případné možnosti její terapie. Prvním krokem ke zlepšení binokulárního vidění je vždy správná sférocylická korekce.

Teoretická část bakalářské práce je rozdělena na tři hlavní kapitoly. V první kapitole práce se zabývám binokulárním viděním, jeho vývojem, stupni a poruchami. V druhé kapitole se věnuji heteroforii, jejím rozdělením, vyšetřením a možnou korekcí. Ve třetí kapitole jsem se zaměřila na fúzní rezervy, jejich význam, vyšetření a jejich možné navýšení. Navýšením fúzních rezerv může u mnoha jedinců dojít ke zlepšení kompenzace heteroforie a tím i k snížení obtíží spojených s binokulární nerovnováhou.

Cílem praktické části bakalářské práce je získat informace o tom, jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v optometrických praxích vyšetřovány fúzní rezervy. Praktická část bakalářské práce sestává ze sociologického kvantitativního výzkumu, jeho rozboru a vyhodnocení. Pomocí online dotazníku jsem zjišťovala, jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů měří optometristé fúzní rezervy. Prvním krokem bylo vytvořit předvýzkum, na jehož základě jsem stanovila předpoklady k výzkumu. Výsledky jsem vyhodnotila a graficky zobrazila v praktické části práce.

Toto téma jsem si vybrala pro jeho zjevnou důležitost. Přestože se jedná o významné téma, považuji ho za mnohdy opomíjené. Mou snahou proto bylo rozšířit si znalosti v této problematice tak, abych je následně mohla využít v optometrické praxi.

# 1 Binokulární vidění

Binokulární vidění znamená vidění oběma očima. Výsledkem správného fungování motorické a senzorické složky získáváme jednoduchý obraz. Binokulární vidění se vyvíjí postupně od schopnosti překrýt obraz pravého a levého oka, schopnosti spojení obrazů v jeden a je zakončeno získáním prostorového vjemu. Následující kapitola se věnuje anatomii a fyziologii zrakového aparátu, očními vergencemi, vývojem a stupni binokulárního vidění a je zakončena binokulárními anomáliemi. [1]

## 1.1 Anatomický a fyziologický přehled

### 1.1.1 Okulomotorika

Motilitu bulbu zajišťuje šest okohybných svalů - 4 přímé a 2 šikmé a pohyb očního víčka *m. levator palpebrae*. *Musculi recti bulbi* začínají v místě *anulus tendineus communis* a upínají se na skléře před ekvátorem. Jmenovitě se jedná o *m. rectus superior*, *m. rectus inferior*, *m. rectus medialis* a *m. rectus lateralis*. Přímé svaly zajišťují pohyb bulbu ve směru jejich úponu. Délka přímých svalů se pohybuje okolo 4 cm a šířka jednoho úponu je 1 cm. Inervaci *m. recti* zajišťují somatomotorická vlákna *n. III - oculomotorius* a *n. VI - abducens*. [2] [3]

*Musculi obliqui bulbi* jsou *superior* a *inferior*. *M. superior bulbi* začíná, stejně jako *m. recti*, ve šlachovitém prstenci *anulus tendineus communis*. Upíná se na skléře za ekvátorem a zajišťuje pohyb zevně dolů. *M. inferior* začíná na spodní části očnéice a upíná se na zevní dolní plochu bulbu za ekvátorem. Inervace šikmých okohybných svalů je zajištěna *n. III - oculomotorius* a *n. IV - trochlearis*. [2] [3]

Větev *n. III oculomotorius - ramus inferior* inervuje *m. obliquus inferior*. [2] [4]

Každý okohybný sval má svého stejnosměrného antagonistu, druhostranného synergistu a druhostranného antagonistu. Stejnosměrný antagonist zajišťuje vyvážení sil okohybných svalů jednoho oka. Druhostranný synergista zajišťuje verzní pohyby bulbů a druhostranný antagonist naproti tomu pohyby vergenční. [5]

Vyvážená funkce okohybných svalů se řídí dle Sheringtonova a Heringova zákona. [2]

Sheringtonův zákon o reciproké inervaci říká, že pokud se zvýší nervový impuls pro určitý sval, je stejnou měrou utlumen nervový impuls jeho antagonisty. [2]

Heringův zákon říká, že nervový impuls pro určitý sval je stejně silný jako pro jeho druhostranného synergistu. [2]

Funkcí okohybných svalů je udržení obrazu v místě *fovea centralis* pomocí neustálého tahu jednotlivých svalů. I při fixovaném pohledu na předmět jsou vykonávány tzv. *sakadické pohyby*. Těmito rychlými, drobnými a nepozorovatelnými pohyby bulbu je zaostřován obraz a dochází k plynulému roztírání bodového vidění čípků. [2] [3]

### 1.1.2 Sítnice

Retinální list je nejvnitřnější částí stěny očního bulbu. Vzniká vychlípěním části *diencephalu* do *očního pohárku*. Tloušťka je nejvyšší v místě papily zrakového nervu, a to 0,5 mm, a naopak nejtenčí místo je při *ora serrata* - 0,1 mm. *Retina* je dvouvrstevná. Rozlišujeme vnější, jednovrstevný retinální pigmentový epitel a vnitřní, tzv. neuroretinu, tvořící nervovou a fotoreceptorovou složku. Dále je rozdělena na části *pars coeca retinae* a *pars optica retinae*. [2] [3] [4]

*Pars coeca retinae* tvoří dvouvrstevný epitel. Nachází se na vnitřním povrchu *corpus ciliare*, a pokrývá také zadní plochu *iris*. Od *pars optica retinae* je oddělena linií *ora serrata*. [2] [3] [4]

*Pars optica retinae* nahlá na vnitřní stranu *choroidey*. Histologicky rozlišujeme při *pars optica retinae* devět pozorovatelných vrstev: [2] [3] [4]

- I. *Vrstva fotoreceptorů*
- II. *Membrana limitans externa*
- III. *Zevní jádrová vrstva*
- IV. *Zevní plexiformní vrstva*
- V. *Vnitřní jádrová vrstva*
- VI. *Vnitřní plexiformní vrstva*
- VII. *Vrstva gangliových buněk*
- VIII. *Vrstva nervových vláken*
- IX. *Membrana limitans interna*

Sítnice je tříneuronová. První vertikální neuron tvoří fotoreceptory sítnice - tyčinky a čípky. Světločivé elementy jsou buňky nervové. Ve směru dopadu světla pozorujeme 3 části:

1. Synaptický oddíl napojený na dendrity bipolárních buněk.
2. Metabolický oddíl.
3. Světločivý oddíl obsahující váčky s membránami. Ve váčcích tyčinek se nachází rhodopsin, u čípků iodopsin. [2] [3] [4]

Rhodopsin má dvě složky- retinal a opsin. Čípky se rozdělují do tří skupin podle toho, na jaké barevné spektrum reagují. Senzitivita čípku na určitou vlnovou délku je determinována typem navázaného opsinu. [2] [3] [4]

Druhý vertikální neuron sítnice tvoří bipolární nervové buňky, jejichž dendrity jsou napojeny na světločivé elementy prvního neuronu. Nacházejí se ve vnitřní nukleární vrstvě. Dle počtu synapsí jsou rozděleny na *monosynaptické bipolární buňky* a *difúzní bipolární buňky*. [2] [3] [4]

Třetí vertikální neuron tvoří zevní a vnitřní plexiformní vrstva gangliových buněk. Axony těchto buněk vytvářejí nervová vlákna vystupující z bulbu v místě *lamina cribrosa sclerae* jako *n. II - opticus*. [2] [3] [4]

Na očním pozadí lze pozorovat *discus nervi optici* v místě *lamina cribrosa sclerae*. V tomto bodě se sbíhají vlákna *ganglion nervi optici* a vytvářejí kruhovitý terč o průměru 1,5 mm. Jeho součástí je *papilla nervi optici*, z jehož středu vystupuje *a. centralis retinae* stejně, jako v *centralis retinae*. Na *discus nervi optici* se nenacházejí světločivé elementy, a kromě linie *ora serrata* se jedná o jediné místo sítnice pevně spojené s vnitřními vrstvami. *Macula lutea* je místo s největší koncentrací čípků, v jejímž středu pozorujeme *fovea centralis*. [2] [3] [4]

*N. II* vystupuje z *lamina cribrosa sclerae* a jeho úseky jsou označovány jako *pars intraocularis*, *pars prelaminaris*, *pars intralaminaris* a *pars postlaminaris*. Celý *n. II* je dlouhý asi 4,5 cm a obsahuje 1 milion nervových vláken. [2] [3] [4]

### 1.1.3 Optická média

#### Slzný film

Prekorneální vrstva slzného filmu je 7  $\mu\text{m}$  silná. Slzný film je složen ze tří plynule navazujících vrstev: olejová, vodní, mucinová. Olejová vrstva brání odpařování vrstvy vodní díky zvýšení povrchového napětí. Je produktem Meibomových, Zeissových a Mollových žlázek. Vodní vrstva tvoří nejsilnější část (6  $\mu\text{m}$ ) a je utvářena bazální sekrecí Wolfringových a Krauseho žlázek. Poslední, mucinová vrstva slouží k udržení slzného filmu na epitelu rohovky a je utvářena v *konjunktivě*. Udržuje nižší povrchové napětí slzného filmu tak, aby nedošlo ke stékání slzného filmu po epitelu rohovky. [3] [4] [6]

## Cornea

Pětivrstevná optická tkáň mírně eliptického tvaru s nejsilnější optickou mohutností zrakového aparátu (43 dpt) o indexu lomu 1,376. První vrstva, rohovkový epitel, je ektodermálního původu. Ostatní vrstvy jsou původu mezodermálního. [3] [4] [6]

Inervace rohovky je zajištěna cestou *n. ophthalmicus*, *n. nasociliaris* a *nn. ciliares breves* a také zde probíhá inervace sympatická cestou *ganglion cervicale superior*. Díky tomu je rohovka nejcitlivější tkání lidského těla. Jejím narušením dochází k obnažení nervových zakončení, což vede k bolesti, zaslzení, a v krajním případě vede až k blepharospasmu. [3] [4] [6]

K výživě rohovky slouží aminokyseliny, glukóza a kyslík. Kyslík je zajištěn difúzí z kapilár limbu, transportem komorové tekutiny a difúzí z prekorneálního slzného filmu. [3] [4] [6]

## Humor aquosus

*Humor aquosus* neboli komorová voda je čirá tekutina vyplňující *camera bulbi superior et posterior* o indexu lomu 1,336. Je produkována *corpus ciliare*, odkud pokračuje přes *spatia zonularia* až do *camera bulbi posterior*. Do přední komory protéká skrze pupilu a odtud odtéká do Fontanových ostrůvků v *reticulum trabeculare iridokorneálního úhlu*. Menší část komorové vody je vstřebána kryptami přední části *iris*. [2] [3] [6] [7]

## Lens

Oční čočka je bikonvexního tvaru a skládá se z pouzdra, jednovrstevného epitelu, kortexu a jádra. Index lomu oční čočky je 1,413 a její hlavní funkcí je změna optické mohutnosti v závislosti na stavu akomodace. Čočka je zavěšena na *zonula ciliaris*, které pomocí stahu mění tvar, a tím i optickou mohutnost. [2] [3] [6]

## Corpus vitreum

Tekutina vyplňující prostor oční koule směrem od oční čočky a *corpus ciliare*. Je transparentní, bezbuněčná a z 98,6 % je tvořena vodou. Index lomu se shoduje s indexem lomu komorové vody, tj. 1,336. Díky kolagenním vláknům v tekutině je struktura spíše gelová a dochází k minimálnímu rozptylu procházejícího světla. [2] [3] [4] [6]

### 1.1.4 Zraková dráha

Jedná se o čtyřneuronovou senzitivní dráhu mající počátek v sítnici. Její první neuron tvoří světločivé buňky sítnice. Hlavní funkcí je přeměna světelného podnětu na nervový vzruch. Ten je přenášen synapsí axonů světločivých buněk k dendritům bipolárních buněk. Tyto buňky jako celek tvoří druhý neuron zrakové dráhy. Mezi světločivými elementy a bipolárními buňkami se nacházejí *horizontální buňky* tzv. *sítnicové interneurony*. Axony bipolárních buněk jsou připojeny k dendritům gangliových buněk představujících třetí neuron. Mezi tímto spojením jsou vloženy také sítnicové interneurony, označované jako *amakrinní buňky*. Funkcí *amakrinních* a *horizontálních buněk* je umožnění převodu nervového vzruchu z několika světločivých elementů na jednu gangliovou buňku. [2] [3]

Vlákna gangliových buněk vytvářejí zrakový nerv vstupující v místě *discus n. optici* a dále pokračující skrze *canalis opticus* do dutiny lebeční, kde vytvářejí tzv. *chiasma opticum*, v němž se mediální vlákna kříží, laterální zůstávají nezkřížená a vlákna ze žluté skvrny jsou jak zkřížená, tak nezkřížená. Po *chiasma opticum* následuje *tractus opticus*. Pravostranný *tractus opticus* obsahuje vlákna z pravých polovin obou sítnic (tj. z levých polovin zorných polí obou očí), levostranný z levých polovin obou sítnic (tj. z pravých polovin zorných polí obou očí). [2] [3] [4] [5]

Následně dochází k rozdělení na *radix lateralis* a *radix medialis tractus optici*. Vlákna *radix lateralis* končí všechna v *corpus geniculatum laterale*. *Radix medialis* zčásti vstupuje do *corpora geniculatum laterale*, další část však pokračuje do *colliculus superior tecta*, kde se jeho menší část dále dělí na *radix optica mesencephalica* a *radix optica hypothalamica*. [2] [3]

Posledním, čtvrtým neuronem, jsou buňky začínající v *corpus geniculatum laterale*, které dále pokračují vějířovitě ke kůře okcipitálního laloku jako *tractus geniculocorticalis* neboli Gratioletův svazek. Zakončen je v primární zrakové korové oblasti. [2] [3]

## 1.2 Oční vergence

Vergence jsou disjungované pohyby bulbů, při nichž dochází ke změně fixační vzdálenosti rychlostí 10 °/s. Na vergenci se podílí několik složek: Tonická, akomodační, proximální, fúzní. Oční vergence jsou měřitelné v metrových úhlech (m. ú.), prizmatických dioptriích (pdpt) nebo stupních (°). V klinické optometrii se nejčastěji používá jednotka prizmatické dioptrie. Jedna prizmatická dioptrie vyjadřuje posun obrazu o 1 cm na vzdálenost 1 m. [8] [9]

**Tonická vergence** se uplatňuje při přímém pohledu do dálky bez zjevného vizuálního podnětu. Mírná konvergence zde odpovídá tonu extraokulárních svalů. Prostorově se jedná o úhel mezi anatomickou klidovou pozicí bulbů a fyziologickou klidovou pozicí. [9]

**Akomodační vergence** znamená konvergenci vyvolanou odpovídající mírou akomodace. Akomodační konvergence není vrozená schopnost, vyvíjí se od prvního měsíce života dítěte. Poměr akomodační konvergence vůči akomodaci označujeme jako AC/A poměr. Ten vyjadřuje míru akomodační konvergence v prismatických dioptriích na jednotku akomodace v dioptriích. Běžným nálezem AC/A jsou 3-4 pdpt akomodační konvergence na 1 dpt akomodace. [10]

**Proximální (psychická/volní) vergence** je navozena uvědoměním si blízkého předmětu. [9]

**Fúzní (disparátní) vergence** je schopnost optického systému kompenzovat heteroforii dorovnaním zrakových os tak, aby vznikl jednotný obraz. Uplatňuje se na základě disparátního obrazu na sítnici. Pokud takto navozená konvergence kompenzuje exoforii, hovoříme o pozitivní fúzní vergenci. V opačném případě, kdy je navozena divergence jako kompenzace esoforie, se jedná o negativní fúzní vergenci. [8] [10]

#### Blízký bod konvergence

Úhel maximální addukce oka odpovídá více než  $40^\circ$ , nicméně při maximální konvergenci může úhel odpovídat hodnotě menší než  $80^\circ$ . Částečně je to z důvodu odlišné supra-nukleární inervace v mozku, a to i přes to, že konečná inervace *m. rectus medialis et lateralis* je pro verze i vergence stejná pomocí *n. oculomotorius* a *n. abducens*. [11] [12]

Nejbližší bod, který je oko schopné konvergovat, se označuje jako blízký bod konvergence. Tato hodnota je významná při diagnóze jedné z nejčastějších poruch binokularity - insuficience konvergence. Vysoká hodnota blízkého bodu konvergence je nejčastěji používané kritérium v diagnostice insuficience konvergence. [11] [12]

Vyšetřovaný je posazen do vyšetřovacího křesla. Vyšetřovaný binokulárně fixuje hrot tužky (nebo jiný izolovaný fixační bod) a vyšetřující postupně hrot přibližuje směrem ke kořeni nosu vyšetřovaného. Vyšetřující zaznamená hodnotu rozdvojení (break point) a následnou hodnotu spojení (recovery point). Vzdálenost měříme vždy od hranice temporální kosti. [11] [12]



## Akomodace

Akomodace je schopnost zrakového aparátu měnit optickou mohutnost nitrooční čočky. [11]

Fibrily uvnitř nitrooční čočky vytvářejí elasticou strukturu, kterou obklopuje elastické pouzdro. Při ekvátoru nitrooční čočky je stěna nejtlustší, což přispívá ke konvexitě při uvolnění *zonula ciliaris*. Po 30. roce začíná být nitrooční čočka tužší. Akomodační schopnost se s věkem snižuje a hovoříme o tzv. presbyopii. [3] [11]

Při snaze zaostřit do blízka dochází ke kontrakci *m. ciliaris* a zároveň relaxaci *zonula ciliaris*. Výsledkem je vyklenutí a ventrální posun oční čočky vedoucí k navýšení optické mohutnosti. *Parasympaticus* současně zajišťuje miózu, čímž dojde k zaclonění okolních paprsků. Schopnost akomodace řadíme mezi optické podmínky vzniku binokulárního vidění. [3] [7] [11]

Dráha pro miózu a akomodaci:

1.–3. neuron se nachází na sítnici. Dále vlákna z *tractus opticus* odbočují směrem k *brachium colliculi superioris* a jsou zakončeny bilaterálně v pretektální oblasti. Čtvrtý neuron tvoří vlákna *area pretectales* do pravého i levého jádra *nucleus Edinger-Westphal (nucleus oculomotorius accessorius)*. Díky bilaterální projekci v pretektální oblasti a *nuclei Edinger-Westphal* vyvolá jednostranný osvit zornice oboustrannou reakci. Pátý neuron je *nucleus Edinger-Westphal*, jehož parasymptická a pregangliová vlákna navazují na *n. III* a odbočují do *ganglion ciliare*. Poslední, šestý neuron tvoří parasymptické neurony v *ganglion ciliare*. Odtud pokračují jako součást *nn. ciliares breves* a zajišťují inervaci *m. sphincter pupillae* a *m. ciliaris*. [7]

Poruchy akomodace:

- Insuficience akomodace

Jedná se o dlouhodobou akomodační nedostatečnost vzhledem k věku jedince. Typickým problémem jedince jsou astenopické obtíže zhoršující se při práci na krátkou vzdálenost.

Rozlišujeme tři podkategorie insuficience akomodace:

- Snížená akomodace z důvodu zhoršeného zdravotního stavu: Akomodace je možná pouze při značném úsilí a po omezenou dobu.
- Paralýza/paréza akomodace: Jedná se buď o významný pokles akomodační šíře (paréza) nebo její absence (paralýza). Vyskytuje se jako důsledek traumat hlavy nebo organického poškození.
- Nerovnováha akomodace: Rozdílná akomodační šíře pravého a levého oka o nejméně 0,5 dpt. Může se jednat o důsledek organického poškození, traumat hlavy nebo funkční amblyopie. [1]

- Exces akomodace

Jedná se o dlouhodobě zvýšenou akomodační schopnost vzhledem k věku jedince. Příčinou může být neschopnost uvolnění akomodace, která vede k akomodačnímu spasmu. [1]

- Akomodační infacilita

Stav, kdy je u jedince zjištěn fyziologický akomodační rozsah, nicméně proces akomodace je zpomalen a funguje pouze při zvýšeném úsilí. Nejběžnějším symptomem je zhoršené zaostřování při změně pohledu, resp. vzdálenosti fokusovaného předmětu. [1]

### 1.3 Vývoj a stupně binokulárního vidění

Ke správnému vývoji binokulárního vidění je nutné splnit několik podmínek.

**Dva *bulbi oculi*** s odpovídající interokulární vzdáleností (u dospělého jedince se pohybuje okolo 65 mm). **Neurální cesty** schopné přenosu dvou odlišných obrazů pravého a levého oka do zrakových center. **Neurální systém** zpracovávající dva odlišné obrazy, který je následně schopen analyzovat a odvodit další informace jako vzdálenost, tvar předmětu a umožnit stereopsi. **Extraokulární svaly** zajišťují projekci obrazu na odpovídající místa na sítnici. **Motorický systém** ovládá volní a reflexní pohyby bulbů tak, aby se zajistila a udržela fixace předmětu. Dále je nutná **motorická spolupráce** se sensorickým vjemem. [10]

## **Superpozice a simultánní percepce**

Simultánní percepce je schopnost jedince vnímat pozorovaný předmět sítnicemi pravého a levého oka ve stejný okamžik. Díky superpozici jsou tyto dva obrazy vzájemně v zákrytu. [4]

## **Fúze**

Fúzí rozumíme spojení nestejných obrazů pravého a levého oka v jeden binokulární vjem.

Aby k tomu došlo, je nutné, aby byl zrakový aparát schopný pohybovat bulby tak, aby osy vidění pravého a levého oka protínaly pozorovaný objekt. Tato schopnost se nazývá motorická fúze. Dále musí být vjem zpracován a integrován pomocí fúze sensorické, jež je přímo závislá na stavu retinální korespondence. Vergenční systém vyrovnává jemné odchylky obrazu způsobených nesouosostí os vidění. Aby mohl vergenční systém správně fungovat, musí být přítomny dostatečné fúzní rezervy. Panumův fúzní prostor napomáhá sensorické fúzi v napravování odchylek a současně udržení fúze. Zrakový systém musí být schopen přizpůsobit se větším odchylkám v motorickém postavení a sensorické integraci s minimálním dopadem na celkový vjem. [4] [9] [10]

## **Motorická binokulární fúze**

Motorická fúze u sakadických pohybů, jako změna dosavadní fixace na jiný předmět, využívá retinálních receptorů. Pokud například posvítíme do periferie zorného pole dítěte, dojde ke změně fixace tak, že světlo dopadá zpočátku na sítnici mimo foveu. Následně zrakový aparát přepočte dráhu osy vidění tak, aby paprsek dopadal na foveu a okohybné svaly následně provedou odpovídající rotaci bulbů. [9] [10]

Motorická fúze u vergenčních pohybů má několik složek. První je klidový stav tonické vergence. Druhou jsou akomodační změny vyvolávající akomodační vergenci. Třetí jsou disparátní vergence vyrovnávající jemné odchylky. Při uvědomění si předmětu se využívá vergence proximální. [9] [10]

### Senzorická binokulární fúze

Senzorická binokulární fúze zpracovává dva nestejně obrazy pravého a levého oka v jeden vjem. Jednotlivé obrazy by měly být podobné v ostrosti, osvětlení, velikosti a zbarvení. Obrazy by měly dopadat na korespondující místa sítnice. Pokud na každém oku dopadá obraz do jiného místa, dochází k disparitě obrazu na sítnici. Pokud tuto odchylku nedokáže motorický fúzní systém vykorigovat, dochází k přerušení fúze a nastává diplopie. [4] [10]

Stupně senzorické binokulární fúze klasifikuje Worth (1903) následovně:

První stupeň: simultánní makulární percepce a superpozice. Není nutné úsilí k udržení fúze. [4] [10]

Druhý stupeň: Fúze s amplitudou motorických fúzních rezerv. Dochází k binokulárnímu vjemu bez stereopse. [4] [10]

Třetí stupeň: Fúze s amplitudou motorických fúzních rezerv za vzniku stereoskopického vjemu. [4] [10]

### Normální retinální korespondence

Oblasti sítnice pravého a levého oka mají stejnou prostorovou lokalizaci. Při zobrazení bodu na sítnici pravého a levého oka si budou tyto body vzájemně odpovídat ve svém monokulárním směru. Každý bod na sítnici, který má svůj odpovídající bod na druhém oku, označujeme jako retinální korespondenční bod. V periférii sítnice nacházíme body, které nemají svůj odpovídající bod na druhém oku, tyto body označujeme jako nekorespondující. [4] [10]

Ve stavu normální retinální korespondence dochází k vzájemnému překryvu foveoly pravého a levého oka za vzniku tzv. kyklopského oka. [4] [10]

### **Stereopse**

Posledním stupněm binokulárního vidění je tzv. stereopse. Při spojení mírně disparátních obrazů dochází ke vzniku hloubkového vjemu. Stereopsi popisujeme pomocí Horopteru, Panumova prostoru a Panumových areálů. [4] [10] [11] [13]

Horoptyer je pomyslný kruh, tzv. Vieth-Müllerův kruh, procházející uzlovými body obou očí. Předměty ležící na této kružnici se zobrazují na korespondujících bodech sítnice. Vieth-Müllerův kruh předpokládá absolutní symetrii obou očí. Ve skutečnosti má horoptyer spíše tvar elipsy. Rozdíl geometrického (Vieth-Müllerova) horoptyeru od skutečného horoptyeru nazýváme Hering-Hillebrandův deviační koeficient. [4] [10] [11] [13]

Panumovy areály jsou prostory kolem jednotlivých bodů sítnice. V rámci těchto areálů je tolerováno disparátní zobrazení a dochází ke spojení obrazů korespondujících bodů sítnic. [4] [10] [11] [13]

Panumův prostor je prostorové zobrazení Panumových areálů. Leží v okolí horoptyeru a obrazy bodů v Panumově prostoru dopadají na nekorespondující místa na sítnici. Body se zobrazují s prostorovým posunem ale stále jednoduše. K diplopickému zobrazení dochází v případě bodů mimo Panumův fúzní prostor. [4] [10] [11] [13]

### **Sakadické pohyby**

Při rychlé změně fixace z centrálního fixačního bodu na periferní, dochází ke konjugovaným pohybům očních bulbů tak, aby se obraz udržel v místě nejostřejšího vidění. Tyto pohyby jsou rychlé až 700 °/s. Mohou vznikat zcela mimovolně nebo mohou být vyvolané pozorovatelem. [1] [4] [10]

### **Sledovací pohyby**

Sledovací pohyby očních bulbů umožňují jedinci fixovat pohybující se předmět. Změna pozice předmětu není náhlá, a proto nedochází k přerušování fixace (jako je tomu u sakadických pohybů). [1] [4] [10]

### **Optokinetický nystagmus**

Při sledovacích pohybech může nastat situace, kdy se bod fixace přesune mimo binokulární zorné pole jedince. V tomto okamžiku dochází ke spuštění optokinetického nystagmu a návratu bulbů do primární pohledové pozice. Tato kombinace sakadických a sledovacích pohybů může být opakována například při sledování krajiny z okénka vlaku. [1] [4] [10]

## **Vestibulookulární reflex**

Přítomnost nového předmětu v zorném poli vyvolává sakadické pohyby a zároveň dochází k posunu hlavy. Oči se stácejí v protisměru pohybu hlavy za účelem stabilizace fixace předmětu. Jedná se o reflex přítomný při narození. [1] [4] [10]

## **1.4 Binokulární anomálie**

### **1.4.1 Anizeikonie**

Anizeikonie je velikostní či tvarová rozdílnost v obrazech pravého a levého oka. Odchylka ve velikosti obrazů o 2 % a více je většinou symptomatická a jako takovou ji považujeme za klinicky významnou. V populaci se běžně pohybují osoby s odchylkou menší, asymptomatickou. Velikost obrazu utváří zrakový systém, rozložení sítnicových receptorů, fyziologické a kortikální procesy podílející se na vidění. [1] [10] [12] [14]

Podle toho, v jakém důsledku anizeikonie vznikla, se jedná o anizeikonii optickou (dále dělenou jako refrakční nebo korekční), retinální či centrální. [1] [10] [12] [14]

Symptomy doprovázející anizeikonii jsou například astenopické obtíže, intermitentní diplopie, neadaptace na novou brýlovou korekci, problémy s orientací v prostoru, fotofobie, problémy se čtením, nauzea. K vyšetření anizeikonie používáme nejčastěji eikonometr, Aniseiokonia inspector, New Awaya test či size lens. [1] [10] [12] [14]

### **1.4.2 Strabismus**

#### **Heterotropie**

Jedná se o patologický stav, kdy zraková osa jednoho oka nedopadá na pozorovaný předmět. Obraz fixujícího oka dopadá do *foveoly*, avšak obraz strabujícího oka dopadá do *mimofoveolární oblasti retiny*. [1] [12] [14]

Přítomnost heterotropie se může lišit při pohledu do nekonečna a při pohledu do blízka, stejně tak v různých pohledových směrech může míra heterotropie ustupovat/progradovat. [1][12] [14]

Konkomitující úchylkou rozumíme takový stav, kdy je velikost heterotropie ve všech pohledových směrech identická. Opakem je úchylka inkomitantní, kdy se velikost heterotropie mění v závislosti na pohledovém směru. Příčinou inkomitantní úchylky je paréza/ paralýza jednoho, či více okohybných svalů. [1] [12] [14]

Heterotropii klasifikujeme do dvou podskupin- konstantní a intermitentní. Jak vyplývá z názvu, heterotropie konstantní je přítomna nepřetržitě za všech podmínek. Naproti tomu heterotropie intermitentní se nevyskytuje vždy. V některých případech pacient nevykazuje známky dekompenzované heteroforie, avšak při zvýšené hladině stresu nebo zrakové únavy se jeho stav změní přímo na heterotropii. Neléčená intermitentní heterotropie se může vyvinout v konstantní, není to však pravidlem. [1] [12] [14]

Dle směru uchýleného oka konkretizujeme strabismus jako eso-, exo-, hypo-, hyper-, cyklo-

[1] [12] [14]

## **Heteroforie**

Heteroforie viz Kapitola 2.

## **Možné stavy při binokulárních anomáliích**

### **Suprese**

Jedná se o obranný mechanismus, kdy jsou vjemy z jednoho oka zcela utlumeny. Podnětem k tomuto mechanismu bývá diplopie způsobená strabismem či anizometrií. Tento stav je přítomný pouze za binokulárních podmínek a při zakrytí vedoucího oka se supresované oko stává aktivním. [10] [12] [14]

Rozdílný vjem může vést buďto k supresi foveální, nebo supresi celkové. Suprese foveální vzniká často jako důsledek anizometropie. Příčinou celkové suprese může být oko strabující s anomální retinální korespondencí. Oba tyto stavy mohou vést ke vzniku amblyopie. [10] [12] [14]

V klinické praxi rozlišujeme supresi fakultativní, která nemá žádný efekt na monokulární vidění, a supresi kompletní – amblyopickou. Ta je natolik zakořeněna ve zrakovém systému, že vede ke snížení monokulární zrakové ostrosti. [10] [12] [14]

## Amblyopie

Amblyopie znamená poruchu zraku vyznačující se výrazným poklesem zrakové ostrosti. Vizus amblyopického oka se nezlepší při snaze vykorigovat refrakční vadu. Příčinou vzniku je dlouhodobý útlum stimulů z jednoho oka a faktorů, které mohou vést k takovému stavu, je několik (a nemusejí být izolované). Charakteristickými rysy amblyopického jedince je výše zmíněný zhoršený vizus, změny fixace, snížená schopnost lokalizace předmětu v prostoru a snížená rozlišovací schopnost. [10] [14]

Dle Evanse se rozděluje amblyopie do dvou hlavních kategorií – amblyopie *organická* a *funkční* podle příčiny jejího vzniku. [14]

*Organická amblyopie* vzniká jako důsledek retinálních abnormalit. *Amblyopie nutriční* je způsobena nedostatkem živin potřebných ke správnému vývoji zrakového systému. *Amblyopie toxická* vzniká působením alkoholu, tabáku, arzenu, olova či chininu. Posledním typem organické amblyopie je *kongenitální amblyopie* kortikálního/ subkortikálního původu. [10] [14]

*Funkční amblyopie* nemá organický původ. *Amblyopie způsobená vizuální deprivací* – jako je okluze či opacita očních médií. *Strabická amblyopie* jako důsledek dlouhodobého útlumu fovey strabujícího oka. *Strabickou* a *deprivační amblyopii* jinak nazýváme souhrnně *amblyopia ex anopsia*. *Anizotropická amblyopie* (z důvodu neostrého obrazu oka s vyšší refrakční vadou), bývá často spojená s mikrotropií. *Refrakční amblyopie* nastává, pokud refrakční vada pravého a levého oka nejsou vykorigovány. Příčina je tedy v neostrých obrazech pravého a levého oka. Součástí refrakční amblyopie je tzv. *meridionální amblyopie* u vysokého nekorigovaného astigmatismu. Posledním typem je *amblyopie hysterická (psychogenní)*, jejíž původ je čistě psychologický. [10] [14]

## Anomální retinální korespondence

Anomální retinální korespondence je stav, ke kterému dochází při odchýlení zrakové osy strabujícího oka. Obrazy se nezobrazují na odpovídající místa na sítnici. Pokud úhel mezi odpovídajícími a neodpovídajícími body odpovídá navyklému úhlu strabismu, hovoříme o *harmonické anomální retinální korespondenci (HARK)*. V tomto případě nedochází díky shodě motorických a sensorických podmínek k diplopii ani supresi. Fovea oka spolupracuje s uměle vytvořenou foveou oka uchýleného. V případě, že úhel mezi odpovídajícími a neodpovídajícími místy na sítnici neodpovídá úhlu strabismu, hovoříme o tzv. *disharmonické anomální retinální korespondenci (DARK)*. Sensorická a motorická složka vidění není v souladu a fovea neuchýleného oka nespolečně spolupracuje s okem uchýleným. [13] [15]



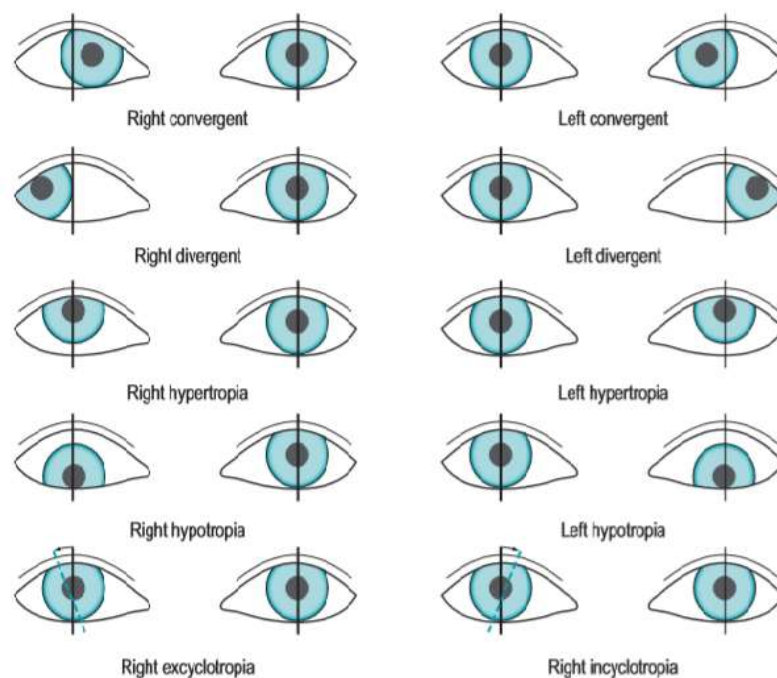
## 2 Heteroforie

Heteroforie je forma strabismu, kdy nepozorujeme zjevnou odchylku při zachování fúze. Pokud však dojde k přerušení fúze, nastává fúzní pohyb strabujícího oka. Motorická složka fúze udržuje ortoforické postavení očí i přes chybu v sensorické složce. Jedinec může mít například supresi oka, avšak díky motorickým mechanismům je oko udržováno ve správné poloze. Hodnota heteroforie se může lišit při pohledu do nekonečna a při pohledu do blízka, stejně tak v různých pohledových směrech může míra heteroforie ustupovat/progradovat. Vzhledem k refrakční vadě můžeme předpokládat tendenci k určitému směru forie. Hypermetropové inklinují k esoforii, naproti tomu u myopa očekáváme směr exoforický. [10] [12] [14] [16] [17] [18]

### 2.1 Klasifikace heteroforie

Heteroforii primárně rozdělujeme **podle její formy** – kompenzovaná a dekompenzovaná forma heteroforie. Rozlišujeme tři faktory determinující, zda bude heteroforie kompenzovaná, či dekompenzovaná – velikost heteroforie, sensorická fúze a motorická fúze. [12] [14] [16]

Další metodou je klasifikace **podle vzdálenosti**, ve které se úchylka objevuje – heteroforie do dálky nebo heteroforie na blízkou vzdálenost. Poslední klasifikací je rozdělení heteroforie **podle směru**, jakým se strabující oko uchyluje – eso-, exo-, cyklo-, hyper-, hypo-. [12] [14] [16]



Obrázek 1: Klasifikace heteroforie na základě směru odchylky. [14]

Při vyšetřování a určování formy heteroforie věnujeme zvláštní pozornost jedincům se zvýšenou zrakovou námahou a při zhoršení zdravotního stavu jedince. [12] [14] [16]

Zvýšená zraková námaha zahrnuje:

- a) Dlouhodobé používání zraku za nepříznivých podmínek. Tím rozumíme práci na extrémně blízkou vzdálenost, nedostatečné osvětlení/kontrast nebo například práci, při níž odchází k přerušení součinnosti akomodace a konvergence.
- b) Akomodační zátěž. Typickým příkladem je zvýšená námaha akomodace u hypermetropického jedince.
- c) Nekorigovaná refrakční vada způsobující rozmazání obrazu.
- d) Snížení vízu. Při postižení části zorného pole (například věkem podmíněná makulární degenerace nebo glaukom). [14]

Zhoršení zdravotního stavu zahrnuje:

- a) Celkově zhoršený zdravotní stav. Uplatňuje se především v případě, že jsou přítomny i další faktory.
- b) Psychická úzkost. Nemusí být spojena s poruchou zraku a jedná se o dočasný stav.
- c) Stáří jedince. Platí především pro heteroforii na blízkou vzdálenost.
- d) Emocionální problémy a temperament jedince.
- e) Vliv toxických látek na zrakový systém. [14]

### **Kompenzovaná heteroforie**

Jedná se o běžný stav v populaci, kdy zrakový systém dokáže heteroforii překonat. Jedinec je asymptomatický a jeho binokulární vidění není narušeno. Zároveň je jeho vízus lepší binokulárně než monokulárně. Kompenzovaná heteroforie může samozřejmě přejít v dekompenzovanou formu. Možné spouštěče jsou vyjmenovány výše. [14] [18]

## **Dekompenzovaná heteroforie**

V tomto případě zrakový systém není schopen heteroforii překonat. Heteroforie se stává symptomatickou a jako taková vyžaduje řešení. V anamnéze takového jedince budou zaznamenány poruchy vnímání obrazu (rozmazané vidění, krátkodobá-dočasná diplopie, zkreslení obrazu), poruchy binokularity (poruchy stereopse, upřednostnění monokulárního vjemu, problémy při změně fixační vzdálenosti) a astenopické obtíže (bolesti hlavy, pálení/řezání v očích). Dekompenzovaná heteroforie se projevuje častěji při práci do blízka, protože se více zatěžuje senzomotorický systém. [14]

Jsou situace, kdy by jedince měl vyšetřit další praktikující lékař. Mezi takové situace patří například celkové onemocnění, které může způsobit zhoršení stavu heteroforie. Dalšími situacemi rozumíme nedávná poranění hlavy nebo v případě, že jedinec nereaguje na žádnou z níže popisovaných způsobů řešení heteroforie. [14] [18] [19]

## **2.2 Diagnostika a kvantifikace heteroforie**

Přítomnost heteroforie můžeme odhalit pomocí objektivních a subjektivních testů. Mezi objektivní metody řadíme alternující zakrývací test a test motility. Subjektivní metodou pro zjištění heteroforie je například Maddoxova lišta a Schoberův test. [13] [18]

### **2.2.1 Objektivní metody zjištění heteroforie**

#### **Alternující zakrývací test**

Alternujícím testem jsme schopni pozorovat a odhalit odchylku fixace oka. Test vždy provádíme jak na blízko, tak do dálky. Při vyšetření do blízka používáme nejčastěji optotyp s jedním znakem, na který jedinec fixuje. Při vyšetření do dálky by měl být jedinec refrakčně vykorigovaný. Je zcela nutné, aby během testu nedošlo k fúzi. V takovém případě je test neplatný a je nutné začít znovu. [13] [14] [17]

Vyšetřovaný fixuje na znak a vyšetřující střídavě zakrývá pravé a levé oko v časovém intervalu 2-3 sekund. Během tohoto intervalu dojde k přerušení fúze a vyšetřující může sledovat případné fúzní pohyby oka. Při odkrytí pravého oka sleduje vyšetřující pohyb oka pravého a naopak. Pokud odkrývané oko uskočí temporálním směrem, jedná se o esoforii odkrývaného oka. Vyšetřovaný je instruován hlásit v případě, že obraz uskakuje. Odchytky se projevují často až po několika cyklech a pravděpodobně se budou zvětšovat. [13] [14]

Následně provádíme stejný test na blízkou vzdálenost. Opět se používá znak, na který vyšetřovaný fixuje. V tomto případě může vyšetřující sedět přímo naproti vyšetřovanému a opět sleduje případné změny ve fixaci pravého a levého oka. [13] [14]

Alternující zakrývací test nám dává informace o směru odchytky, stupni závažnosti heteroforie (usouzené dle míry fúzního pohybu) a míře kompenzace odchytky. Míru kompenzace můžeme odhadnout na základě rychlosti a plynulosti pohybu – rychlý a plynulý pohyb indikuje spíše kompenzovanou formu. Naproti tomu dekompenzace je typická u pomalého, trhaného pohybu.

[13] [14] [20] [21] [22]

#### Zakrývací test s použitím prizmatické lišty

Pokud výsledky alternujícího zakrývacího testu prokázaly heteroforii, můžeme k její kvantifikaci použít tzv. „prism cover test“. Tento test spočívá v neutralizaci fúzních pohybů přikládáním prizmatické korekce (lišty). Kontrolou pro správnost přiložené korekce může být například osvit rohovky. Pokud je korekce správná, bude rohovkový reflex symetrický na pravém i levém oku. [13]

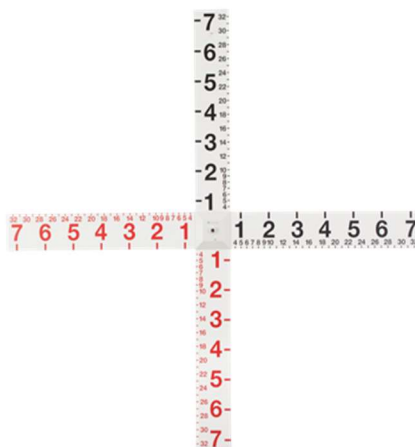
#### Test motility

K testu motility potřebujeme pouze tzv. fixační bod. Fixačním bodem může být například hrot tužky nebo svítilna udržovaná ve vzdálenosti 40 cm od vyšetřovaného. Pomocí tohoto vyšetření sledujeme pozice bulbů běhemvergence, dukce i verze a jejich případnou inkomitantní odchytku. Vyšetřovaný je instruován k výhradně očnímu pohybu. V případě, že bude vyšetřovaná pozice velmi nepříjemná nebo dojde k rozdvojení obrazu, měl by vyšetřovaný o této situaci informovat vyšetřujícího. Test by měl být prováděn v konstantní vzdálenosti od vyšetřovaného a prvotně jej provádí vyšetřující binokulárně. Pokud je v testu pozitivní nález, může vyšetřující pokračovat monokulárně. Tímto testem sledujeme fixaci (v případě osvitu také polohu rohovkových reflexů), plynulost očních pohybů, vertikální pohyby bulbů, komitanci, případnou diplopii a monokulární schopnost pohybu bulbu. Pokud má vyšetřující podezření o přehnaném nebo naopak sníženém pohybu, může provádět zakrývací testy. Vyšetření sakadických pohybů provádí vyšetřující tak, že instruuje vyšetřovaného ke změně fixace z hrotu tužky na pravé straně k hrotu tužky na straně levé. Tyto pohyby by měly být rychlé a přesné. [12] [13] [14]

## 2.2.2 Subjektivní testy zjištění heteroforie

### Maddoxova lišta

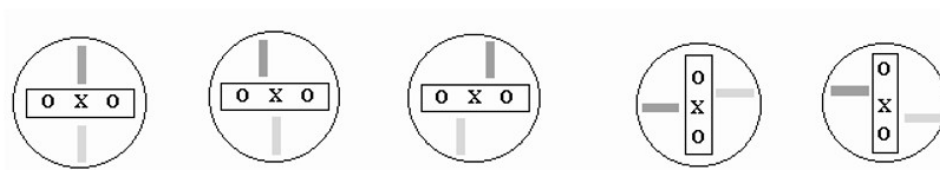
K tomuto vyšetření je nutná Maddoxova lišta, Maddoxův cylindr a zatemněná místnost. Použitím disociace - Maddoxova cylindru, dojde k přerušení fúze. V případě heteroforie vyšetřovaný hlásí posun světelného signálu ze středu Maddoxovy lišty. Prizmatickou korekci přikládá vyšetřující ve směru posunu značky v hodnotě odpovídající míře posunu. Toto vyšetření probíhá v horizontálním a vertikálním, případně šikmém, směru. Opět se jedná o vyšetření prováděné do blízka i dálky. Nezbytnou podmínku u tohoto testu je dobrá zraková ostrost vyšetřovaného jedince. [10]



Obrázek 2: Maddoxova lišta. [23]

### Malletův test do blízka

Tento test slouží k odhalení fixační disparity (obvykle přítomné u dekompenzované formy heteroforie). Používá se v kombinaci polarizačních předsádek. Ve středu se nachází znaky OXO, které jsou pozorovatelné oběma očima. Dále jsou přítomny dvě vertikální/horizontální linie. Jedna linie je viditelná pravým okem, druhá levým. Vyšetřovaný je instruován pozorovat znak X a hlásit případný posun dvou linií ve vertikálním/horizontálním směru. [14]



Obrázek 3: Malletův test a jeho možné výsledky. Zprava: horizontální ortoforie, pravá exoforie, bilaterální esoforie, levá hypoforie, hypoforie pravého a hyperforie levého oka. [24]

### Schoberův test

Jedná se o základní test kvantifikace heteroforie. Test se provádí buď do blízka, nebo do dálky. Vyšetřovaný sedí ve vyšetřovacím křesle a ve zkušební obrubě má, kromě své sférocylindrické korekce, červený a zelený filtr. Na projektoru (v případě vyšetření do dálky) se zobrazují dva zelené soustředné kruhy s červeným křížem uprostřed. Vzdálenost znaků odpovídá jedné prizmatické dioptrii. [13] [17] [22]

Vyšetřovaný je instruován k popisu polohy červeného kříže vůči zeleným kruhům. Podle míry posunu a směru určujeme hodnotu a směr báze prizmatické korekce. [13] [17] [22]



Obrázek 4: Zobrazení Schoberova testu při ortoforickém postavení [25]

## 2.3 Řešení heteroforie

Přístupů k řešení heteroforie je několik. Prvním krokem k odstranění nerovnováhy binokulárního systému je vždy správná sférocylindrická korekce. Nesprávná korekce může způsobit řadu komplikací, jako například poruchy akomodace, vysoké hodnoty forií, nevyváženost mezi pravým a levým okem vedoucí k poruše sensorické fúze. Naproti tomu mohou nastat situace, kdy správná sférocylindrická korekce je sama o sobě řešením dekompenzované heteroforie. [1] [12] [14]

Jestliže heteroforie i přes sférocylindrickou korekci přetrvává v dekompenzované formě, uvažujeme nad dalším řešením. Přechem heteroforie z dekompenzované v kompenzovanou formu se zmírní symptomy jedince a předchází se tak přechodu dekompenzované formy v heterotropii. Řešení heteroforie je obtížnější a může způsobovat závažnější binokulární poruchy jako diplopii či amblyopii. [1] [12] [14]

### **Odstranění příčiny dekompenzace**

V některých případech je dekompenzace heteroforie způsobená namáháním zrakového systému, například prací na extrémně krátkou vzdálenost po delší dobu nebo prací za špatných světelných podmínek. Těmto pacientům doporučujeme změnu pracovních podmínek za takové, které nepřetěžují zrakový systém. Jsou případy, kdy samotná změna prostředí stačí k tomu, aby došlo ke kompenzaci heteroforie. [12] [14]

### **Sférocylindrická korekce jako prostředek ke kompenzaci heteroforie**

Jak bylo zmíněno výše, správná sférocylindrická korekce jedince může vést ke kompenzaci heteroforie. Zlepšením binokularity jedince získáváme informaci o tom, z jakého důvodu je heteroforie přítomna. [12] [14] [19]

Pokud není vykorigována sférická vada, může docházet k nesprávné míře akomodace. Díky vztahu akomodace-konvergence může následně docházet k nežádoucím změnám ve schopnosti konvergence. U hypermetropického jedince bude obecně schopnost akomodace do blízka excesivní, naopak u myopa bude spíše snižena. [12] [14]

U velkých esoforických odchylek očekáváme stav hypermetropický a u mladších jedinců by měla být provedena cykloplegická refrakce. Pokud je jedinec myopický s esoforickým nálezem, je nutné jedince nepřekorigovat a můžeme snížit korekci až o 0,5 dpt. [12] [14] [19]

Opačným případem je jedinec myopický s dekompenzovanou exoforií a odpovídající akomodační amplitudou. V takovém případě zvažujeme plnou minusovou korekci jedince za účelem snížení dekompenzace (tzv. negativní adice). Tato negativní adice je postupem času snižována a zároveň dochází k vyšší kompenzaci exoforie díky fúzním rezervám (více o fúzních rezervách v kapitole 3.). Pokud je refrakční stav hypermetropický a zároveň je jedinec exoforický, je nutné pamatovat na to, že plná plusová korekce by mohla vést k přispění v dekompenzaci forie. [12] [14] [19]

Z těchto metod vyplývá, že i emetropický jedinec může být pomocí sférických čoček kompenzován natolik, že jeho heteroforie se stane asymptomatickou. Obecně platí, že esoforického jedince můžeme buďto překorigovat do mínusu, nebo naopak podkorigovat do plusu (negativní adice). U exoforického jedince přistupujeme k podkorigování do mínusu, nebo překorigování do plusu (pozitivní adice). [12] [14]

O tom, jakou formu sférické korekce můžeme zvolit, vypovídají i další stavy. Mezi stavy ukazující na plusovou sférickou korekci patří například vysoký AC/A poměr, nižší hodnoty pozitivní relativní akomodace a nízký blízký bod konvergence. Naproti tomu na minusovou sférickou korekci ukazují například nízký AC/A poměr, nízká hodnota negativní relativní akomodace a normální hodnoty blízkého bodu konvergence. [12] [14]

Po zvolení sférické korekce můžeme jedince zkontrolovat alternujícím zakrývacím testem. Při kompenzované formě budou fúzní pohyby plynulé a rychlejší, než tomu bylo u formy dekompenzované (bereme však v úvahu aktuální únavu zrakového systému). Dalším krokem je postupné snižování hodnoty negativní/pozitivní adice za současného posilování fúzních rezerv, které postupně sílí (postupným snižováním rozumíme zhodnocení stavu v intervalu 3 až 6 měsíců). [12] [14]

### **Zrakový trénink**

Po předepsání sférocyldrické korekce je pacient instruován k přibližně jednomu měsíci adaptace na novou korekci. Pokud po měsíci přetrvávají obtíže, přistupujeme ke zrakovému tréninku. Adaptační dobu lze zanedbat u jedinců s nízkou hodnotou sférocyldrické korekce. Každý typ heteroforie reaguje na zrakový trénink odlišně, obecně lze říci, že nejlepší odezvu sledujeme u jedinců s exoforií a insuficiencí konvergence. Nejnižší odezvu očekáváme u vertikálních odchylek, esofoirii či excessu konvergence. [13] [14] [19]

Nezbytným předpokladem k úspěchu je motivace jedince. Zrakový trénink může být časově a zrakově náročný a může způsobit změnu denního režimu jedince. Vyšší motivaci mají ti, kteří mají významné symptomy oproti těm, u nichž se vyvinula suprese. [13] [14] [19]

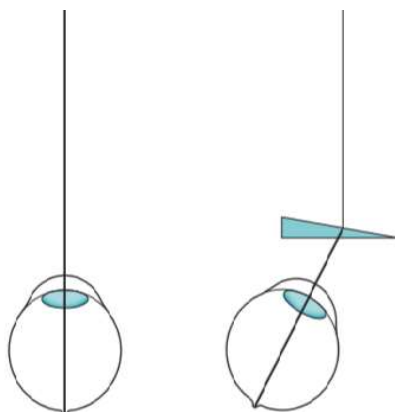
Cílem zrakového tréninku není posílení očních svalů, nýbrž přeučení zrakových návyků a vytvoření adekvátní koordinace očních svalů a sensoriky jedince. Co se týče frekvence cvičení je známo, že tři týdny intenzivního zrakového tréninku jsou efektivnější než měsíce nepravidelného zrakového tréninku. [13] [14] [19]



### Prizmatická korekce

Pokud není zrakový trénink vhodný (z důvodu zdravotního stavu jedince, nedostatku času a podobně), může pomoci prizmatická korekce. Jak již bylo zmíněno výše, například vertikální odchylky budou lépe reagovat na prizmatickou korekci než na zrakový trénink. Předepisujeme nejnižší hodnotu prizmatické dioptrie, která umožňuje dekompenzované heteroforii přejít v kompenzovanou formu. Tato výsledná hodnota bude vždy nižší než ta, kterou naměří vyšetřující disociačními metodami. Například Malletova jednotka je ale navržena tak, aby hodnota změřeného prizmatu (nejnižší prizmatická hodnota neutralizující fixační disparitu) odpovídala finálnímu předpisu. Další metodou zjištění nejnižší prizmatické hodnoty je pomocí alternujícího zakrývacího testu. Jak již bylo zmíněno v podkapitole 2.2, správná hodnota prizmatické korekce vyvolá plynulý a rychlý fúzní pohyb. [12] [14]

Je však nutné pamatovat na to, že prizmatická korekce je úlevové řešení, nikoliv léčba heteroforie. [12] [14]



Obrázek 5: Ukázka správné polohy prizmatické korekce. Na obrázku zobrazena exoforie pravého oka korigovaná pomocí prizmat bází dovnitř. [14]

### Penalizace/okluze

Okluzní terapie je běžně využívanou pro řešení heterotropie a přidružených komplikací jako je suprese, excentrická fixace, amblyopie a anomální retinální korespondence. [12]

Okluzi u heteroforií využíváme ve chvíli, kdy se jedná o heteroforii spojenou s anizometropickou amblyopií. Délka okluze je klíčová. U mírnějších forem amblyopie (20/30–20/80) se obecně doporučuje délka okluze 2 h/den + 1 h/den na blízkou vzdálenost. U těžších stavů (20/100 a horší) se doporučení stanovuje na 6 h/den + 1 h/den na práci do blízka. [12]

Penalizací rozumíme parciální okluzi zakrývající vedoucí oko pomocí cykloplegik a brýlových čoček. Penalizace může být totální, na dálku, na blízko. Jako cykloplegikum se využívá atropin. [26]

### AC/A poměr

AC/A poměr vyjadřuje množství akomodační konvergence (v prizmatických dioptriích) pro každý impuls k akomodaci neboli množství akomodace použité k navození konvergence. Tento vztah lze uvažovat i obráceně (CA/C poměr), kdy arteficiální konvergence (způsobená vkládáním prizmatických dioptrií) způsobuje změny v akomodaci. [13] [14] [16]

Existují odlišné přístupy k měření AC/A poměru, které jsou popsány v následujících odstavcích. [13]

### Heteroforická metoda

První část této metody spočívá v měření heteroforické odchylky do dálky při plně vykorigované refrakční vadě. Za těchto podmínek by nemělo dojít k zapojení akomodace. Druhou částí je měření odchylky na blízkou vzdálenost (33 cm) s předpokladem, že přítomná konvergence je vyvolaná výhradně synkinézou akomodace a konvergence. [13] [14] [16]

Po zjištění daných hodnot dosazujeme do následujícího vzorce, kde  $PD$  znamená interpupilární vzdálenost [cm],  $\Delta_n$  značí velikost odchylky do blízka [pdpt] a  $\Delta_0$  značí velikost odchylky při pohledu do nekonečna. Poslední jednotkou  $D$  vyjadřujeme vyšetřovací vzdálenost do blízka v dioptriích. Eso deviaci vždy zapisujeme pomocí kladné hodnoty (+) a exo deviace pomocí záporných hodnot (-). [13] [14] [16]

$$AC / A = PD + \frac{\Delta_n - \Delta_0}{D} = [\text{pdpt/dpt}] \quad \text{Rovnice 1[16]}$$

### Gradientní metoda

Jedná se o metodu založenou na stimulaci akomodace předsazením sférických čoček na blízkou vzdálenost. Plusové čočky akomodaci relaxují, naproti tomu čočky mínusové akomodaci namáhají, a to s předpokladem, že -1 pdpt vyvolá reakci s ekvivalentem 1 dpt a naopak. [13] [14] [16]

Do následujícího vzorce dosazujeme za  $\Delta_0$  původní úchylku, za  $\Delta_1$  úchylku po předsazení sférických čoček a za  $D$  dosazujeme optickou mohutnost přidaných čoček. Znaménková konvence je identická s heteroforickou metodou výpočtu. [13] [14] [16]

$$AC / A = \frac{\Delta_1 - \Delta_0}{D} = [\text{pdpt/dpt}] \quad \text{Rovnice 2 [16]}$$

Výsledky těchto dvou metod se liší z důvodu zapojení proximální konvergence. Dalšími, méně používanými, metodami jsou haploskopická metoda a metoda fixační disparity. [13] [14] [16]

Fyziologický AC/A poměr se pohybuje v rozmezí 3-5 pdpt/dpt. Hodnoty větší 5 pdpt se označují jako excesy a hodnoty pod 5 ukazují na insuficienci. Excesy konvergence vedou k esoforii na blízkou vzdálenost a v případě excessu divergence bude jedinec exoforický do dálky. Při nízkém AC/A poměru můžeme odhalit nedostatečnou konvergenci vedoucí k exoforii na blízkou vzdálenost, nebo nedostatečnou divergenci způsobující esoforii do dálky. [13] [14] [16]

## 3 Fúzní rezervy

Synonyma pro fúzní rezervy jsou například vergenční facilitata, vergenční amplituda, fúzní vergence. Fúzní rezervy vyjadřují míru vyvolané vergence před tím, než dojde k rozmazání obrazu nebo jeho zdvojení. Testuje se tedy schopnost vergenčního systému odolávat prizmatické zátěži. U jedinců s různou mírou poruchy binokularity zjišťujeme nevyvážené/snížené fúzní rezervy. Měříme je obvykle v pdpt za použití prizmatické lišty (skoková metoda). Další možností je například použití Risleyho prizmatu přítomného ve foroptech (plynulá metoda rozložení prizmat). [10] [12] [14] [27] [28]

### 3.1 Vyšetření fúzních rezerv

Fúzní rezervy se měří bází dovnitř (divergenční rezervy), bází ven (konvergenční rezervy) a vertikálně (vertikální fúzní rezervy). Jejich plnou hodnotu lze naměřit u dětí již od pěti let věku. Měření fúzních rezerv má význam při zjištění míry kompenzace heteroforie, efektivitě zrakového tréninku či při rozhodování o předepsání prizmatické korekce. [10] [14] [26] [28] [29]

#### 3.1.1 Negativní fúzní rezervy

Negativní fúzní rezervy vyšetřujeme jak do blízka, tak do dálky. K tomuto vyšetření využíváme nejčastěji prizmatickou lištu v poloze base-in (bází dovnitř). Vyšetřovaný je fixuje jeden izolovaný znak na optotypu/čtecí tabulce. Dále se snaží během vyšetření zachovat znak ostrý a jednoduchý. Oči jsou pomocí prizmatické lišty nuceny k abdukci. Vyšetřující postupně navyšuje prizmatickou hodnotu a vyšetřovaný je instruován ohlásit bod, kdy se obraz rozmlží (blur point) u testu do blízka, následně bod, kdy se obraz rozdvojí (break point). Po rozdvojení vyšetřující opět snižuje prizmatickou hodnotu a vyšetřovaný hlásí bod spojení (recovery point). Normované hodnoty nalezneme v tabulce 1. [12] [14] [28] [29]

#### 3.1.2 Pozitivní fúzní rezervy

Pozitivní relativní konvergenci vyšetřujeme opět jak do blízka, tak do dálky. Vyšetření probíhá obdobně jako u negativních fúzních rezerv s tím rozdílem, že vyšetřující předkládá prizmatickou lištu v poloze base-out (bází ven). Oči jsou nuceny addukovat. Opět zaznamenáváme body rozmlžení/rozdvojení/spojení. Normované hodnoty nalezneme v tabulce 1. [12] [13] [14] [28] [29]



Obrázek 6: Měření pozitivních fúzních rezerv do blízka. [14]

### 3.1.3 Vertikální fúzní rezervy

Vertikální fúzní vergence vyšetřujeme opět jak do blízka, tak do dálky. Vyšetřující předkládá prizmatickou lištu base-down (bází dolů) a oko je tedy nuceno k pohledu nahoru. Normované hodnoty nalezneme v tabulce 1. [12] [13] [28] [29]

<b>Normy binokulárních zrakových funkcí</b>			
<b>Fúzní rezervy do dálky (6 m)</b>	<b>Průměrná hodnota</b>	<b>Standartní odchylka</b>	<b>Běžný rozsah</b>
<b>Pozitivní fúzní rezervy:</b>			
Blur point (bod rozmazání)	9 pdpt BO	5 pdpt	7-11 pdpt
Break point (bod rozdvojení)	19 pdpt BO	8 pdpt	15-23 pdpt
Recovery point (bod spojení)	10 pdpt BO	4 pdpt	8-12 pdpt
<b>Negativní fúzní rezervy:</b>			
Blur point (bod rozmazání)	X	X	X
Break point (bod rozdvojení)	7 pdpt BI	3 pdpt	5-9 pdpt
Recovery point (bod spojení)	4 pdpt BI	2 pdpt	3-5 pdpt
<b>Vertikální fúzní rezervy:</b>			
	3 pdpt BU/BD		
<b>Průměrná heteroforie</b>			
Do dálky (6 m)	1 pdpt exoforie	2 pdpt	
Do blízka (40 cm)	5 pdpt exoforie	5 pdpt	
<b>Blízký bod konvergence</b>			
Break point (bod rozdvojení)	8 cm		
Recovery point (bod spojení)	11 cm		
<b>AC/A poměr</b>			
Gradientní metodou	4/1 pdpt	2 pdpt	3-5 pdpt

Tabulka 1: Tabulka očekávaných hodnot binokulárních testů. Převzato, upraveno a přeloženo z [12].

### Pomalá fúzní vergence

Umístěním prizmatické dioptrie před oko dochází ke změně v tonické pozici bulbů, změně v křivce fixační disparity a změně fúzní amplitudy. Tyto změny jsou platné při zachování fúze a jejím přerušením se spustí pomalá fúzní vergence (také prizmatická adaptace). Tento stav se uplatňuje při udržení binokularity jak při anizometropické korekci, tak při vysokých heteroforiích. [30]

Pomalé fúzní vergence popisuje již Maddox (1893). Po předsazení 11 pdpt BO se po deseti minutách zvýšila jeho tonická konvergence o 5 pdpt. Jinými slovy se změnila jeho esoforie z 0,5 pdpt na 5,5 pdpt. Alpern následně oznámil fakt, že při prvotním změření fúzních rezerv dojde ke změně ve velikosti heteroforie do dálky. Změna stranové forie byla vždy ve směru účinku hranolu. Prizma báží ven mělo větší účinek na změnu velikosti heteroforie ve srovnání s prizmatem báží dovnitř. Tyto a další zjištění vedly k zavedení pravidel vyšetřování fúzních rezerv. Z tohoto důvodu by měly být heteroforie vyšetřovány vždy dříve než fúzní rezervy. Divergenční amplituda se vždy vyšetřuje dříve než konvergenční. [30]

## 3.2 Vyhodnocení výsledků fúzních rezerv

Vyhodnocování fúzních rezerv může vyšetřující provádět dle tzv. intersubjektivní a intrasubjektivní metody. Principem intersubjektivní metody je porovnání výsledků jedince s normovanými hodnotami v populaci. Intrasubjektivní metoda spočívá v porovnávání výsledků fúzních rezerv s dalšími výsledky binokulárního systému téhož jedince. Na základě výsledků rozsahu fúzních rezerv můžeme stanovit korekci heteroforie, a to konkrétně podle Sheardova či Percivalova pravidla. [10] [13] [14] [28] [29]

### 3.2.1 Percivalovo kritérium

Percivalovo kritérium spočívá v porovnávání a vyhodnocování fúzních rezerv. Pakliže menší fúzní rezervy jsou nižší než jedna polovina vyšších fúzních rezerv, zvažujeme prizmatickou korekci. Její přesnou hodnotu následně dosazujeme do následujícího vzorce, kde FR znamenají naměřenou hodnotu fúzních rezerv v pdpt. [12] [14] [31]

$$\Delta = 1/3[\text{větší FR}] - 2/3[\text{menší FR}] = [\text{pdpt}] \quad \text{Rovnice 3 [12]}$$

Pokud je výsledná hodnota nulová nebo dokonce záporná, prizmatickou korekci nepředepisujeme. Percivalovo kritérium se nejlépe hodí ke korekci esoforie. [12] [14] [17]

### 3.2.2 Sheardovo kritérium

Sheardovo kritérium popisuje, za jakých podmínek a v jaké míře má být použita prizmatická korekce u heteroforického jedince. Konkrétně říká, že prizmatickou korekci zvažujeme tehdy, je-li hodnota fúzních rezerv (bodu zamlžení) menší dvojnásobku naměřené heteroforie. V případě exoforie porovnááme velikost forie s pozitivními fúzními rezervami. Naproti tomu při esoforii porovnááme hodnotu forie s negativními fúzními rezervami. Prizmatickou korekci určíme pomocí následujícího vzorce, kde HTF vyjadřuje velikost heteroforie v pdpt a FR vyjadřuje hodnotu fúzních rezerv v pdpt. Směr báze je následně určen směrem forie. [12] [14] [17] [31]

$$\Delta = \frac{2}{3} [HTF] - \frac{1}{3} [FR] = [pdpt] \quad \text{Rovnice 4. [12]}$$

Sheardovo kritérium se využívá především pro exoforii. [12] [14] [17]

### 3.2.3 Pravidlo 1:1

Pravidlo 1:1 neboli Saladinovo pravidlo se využívá nejčastěji pro esoforické jedince. U pravidla 1:1 platí, že předepisujeme prizma tehdy, je-li bod opětovného spojení negativních fúzních rezerv (prizma bází dovnitř) alespoň roven míře esoforie. Následující vzorec slouží k výpočtu prizmatické korekce pro esoforického jedince.  $\Delta BO$  je výsledná hodnota předepsané prizmatické korekce bází ven v pdpt. Esoforie a bod opětovného spojení udáváme v pdpt. [32]

$$\Delta BO = \frac{(Esoforie - \text{bod spojení BI})}{2} = [pdpt] \quad \text{Rovnice 5 [32]}$$

## 3.3 Zásady pro měření fúzních rezerv

**Velikost fixovaného předmětu** není uniformovaná. Jednotliví autoři upřednostňují z praxe různé předměty jako bodový zdroj světla, který je součástí například Maddoxovy lišty. Jiní autoři upřednostňují izolovaný znak na optotypu/čtecí tabulce o velikosti, která odpovídá vízu 0,2. Na vyšetření do blízka můžeme použít také Guldenovu fixační tyčinku. Vyšetřující by měl vždy znát velikost vyšetřovaného znaku a brát ho v potaz při vyhodnocování výsledků. [27] [28] [30]

### **Předsazování prizmatické hodnoty**

Způsob, jakým předsadí vyšetřující prizmatickou hodnotu, může také ovlivnit výsledky velikosti fúzních rezerv. Při použití prizmatické lišty není obvyklé rozdělovat hodnotu prizma mezi pravé a levé oko. Jinak je tomu u dalších metod, například Risleyho prizmatu (Herschelova), které je součástí foropteru. V tomto případě lze rozkládat prizma rovnoměrně mezi pravé a levé oko a hodnoty fúzních rezerv očekáváme vyšší. [27] [30]

### **Rychlost navýšení prizmatické hodnoty**

Ať se jedná o krokové měření (prizmatická lišta) či plynulou metodu měření (Risleyho prizma), doporučuje se rychlost 2 pdpt/s. [27] [30]

### **Posloupnost jednotlivých měření**

Jak již bylo vysvětleno v podkapitole 3.1, je podstatné, v jakém pořadí se budou měřit jednotlivé fúzní rezervy. Z důvodu pomalé fúzní vergence vždy začíná vyšetřující s negativními fúzními rezervami. Vhodné jsou také krátké pauzy mezi měřeními. [27] [30]

### **Aplikovaná korekce heteroforie**

Fúzní rezervy jsou vždy měřeny se správnou sférocylickou korekcí. Pakliže je jedinec heteroforický, jeho fúzní rezervy budou nevyvážené podle velikosti a směru odchylky. [27] [30]

## **3.4 Zrakový trénink k navýšení fúzních rezerv**

Zrakový trénink je obecně rozdělován do dvou hlavních podkategorií. První podkategorií jsou tzv. **instrumentální techniky (instrument training)**. Tato cvičení jsou prováděna pomocí přístroje, do kterého vyšetřovaný fixuje, a to bez jakéhokoliv pohybu hlavy. Instrumentální techniky jsou proto obtížnější na sledování očí vyšetřovaného jedince. Nejčastěji se jedná o přístroje na bázi stereoskopu. [12] [14] [19]

Druhou podkategorií jsou tzv. **techniky ve volném prostoru (free space training)**. Tato cvičení jsou dostupnější a díky umožněnému pohybu hlavy lze vyšetřovaného jedince lépe pozorovat během jednotlivých cviků. Podle směru heteroforie navyšujeme buďto negativní fúzní rezervy (esoforie) nebo pozitivní fúzní rezervy (exoforie). [12] [14] [19]



### **Anaglyfní techniky a polarizace**

Obě tyto metody pracují na principu disociace vjemu pravého a levého oka. Pomocí těchto technik pracujeme s případy mírné až mírně pokročilé suprese a mohou být použity také na vycvičení jak pomalé, tak rychlé složky vergence. Polarizační pomůckou jsou nejčastěji polarizační brýle a obrázkové karty. U polarizačních technik nazýváme obrázkové karty vektogramy. Karty mohou být podsvíceny a jejich obrázky jsou na sobě. Jedinec bez heteroforie hlásí jednoduchý trojrozměrný obraz. Esoforickému jedinci se karta, kterou vnímá pravé oko, posouvá vpravo od druhé karty. Pravé oko sleduje kartu, čímž dochází k divergenci. Jakmile dojde k rozmazání, zdvojení nebo dokonce ztrátě prostorového vjemu (stereopse), kartu posouvá vyšetřující zpět do místa obnovení binokularity. Tato cvičení se opakují a jedinec je vyzván udržet jednoduchý obraz co nejdéle. V případě cvičení exoforie by se karta pravého oka přesouvala nalevo od karty vnímané levým okem. Existuje však několik nevýhod. U polarizačních filtrů je několikanásobně vyšší cena (než je tomu u filtrů anaglyfních), a zároveň závisí na postavení hlavy. Pokud by totiž jedinec pootáčel hlavu, nedocházelo by k rozdělení obrazu. Pak by jedinec pozoroval oba obrázky monokulárně. [12] [14] [33]

Anaglyfní techniky jsou obdobné. Polarizace je nahrazena červeno-zelenými filtry umístěnými před oči. Obrázkové karty u anaglyfních technik nazýváme tranaglyfy. Filtry lze použít v kombinaci s televizory či počítačovými monitory. Nevýhodou anaglyfních filtrů je naproti tomu zbarvení filtru, které může vést k podpoře suprese. [12] [14] [33]

Jako obecnou nevýhodou těchto metod je obtížné zaznamenání výskytu rychlé alternující suprese. [12] [14]

### **Stereoskopické metody**

Stereoskopické metody jsou založeny na disociaci obrazu pomocí septa (Brewsterův stereoskop), zrcadel (Wheatsonův stereoskop). Dále jsou použity prizmatické hranoly, zrcadla či čočky umožňující simulovat během zrakového tréninku různé vzdálenosti. [12]

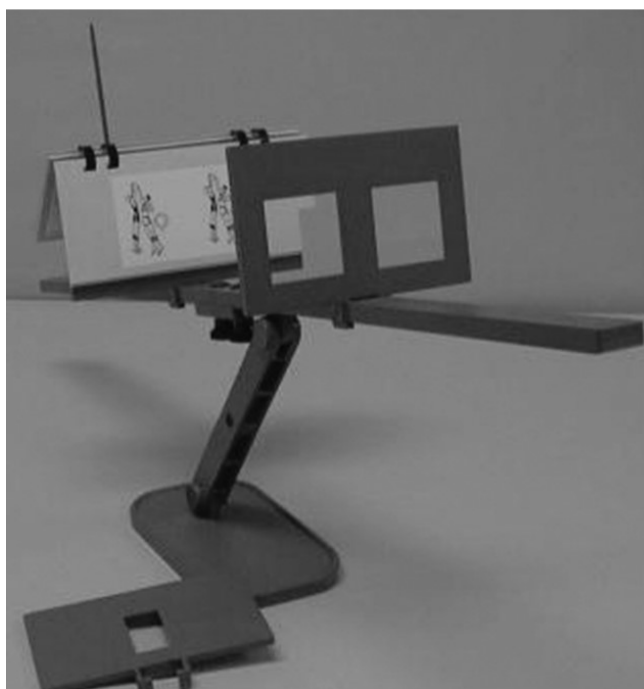
Tato instrumentální technika zrakového tréninku je užitečná za určitých okolností, popsaných v následujícím odstavci. [12]

Prvním případem je situace, kdy má jedinec **obtíže s fúzí při ostatních metodách zrakového tréninku**. Někteří jedinci mohou zpočátku reagovat lépe na instrumentální techniky. [12]

Dále je užitečné provádět cvičení na stereoskopu ve chvíli, kdy **jedinec úspěšně zakončí zrakový trénink pomocí technik ve volném prostoru**, a to díky simulací různých vzdáleností. [12]

Posledním důvodem je **zajištění různorodého tréninku**. Díky stereoskopu lze měnit vzdálenost štítku. Přiblížením je jedinec nucen akomodovat a divergovat, následně při oddálení štítku dojde k relaxaci akomodace a oči konvergují. [12]

Nespornou výhodou je možnost využití stereoskopů i v případě, že jedinec trpí supresí. Nevýhody jsou především cena a nepřirozenost instrumentálního tréninku. [12]



Obrázek 7: Stereoskop sloužící ke zrakovému tréninku. [14]

### Prizmatická lišta

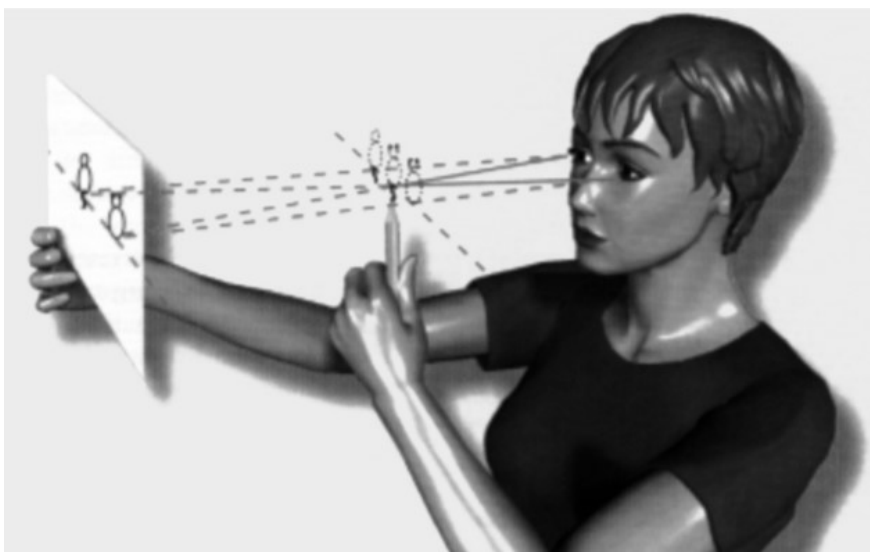
Metoda navyšování fúzních rezerv díky tréninku zátěže vergenčního aparátu. Jedinec sleduje izolovaný znak v takové vzdálenosti, která vyžaduje konvergenci a akomodaci. Prizmatickou lištou postupně navyšuje zátěž ve směru opačném směru forie. Jedinec je instruován udržet znak ostrý a jednoduchý. V momentě, kdy dojde k rozmazání/zdvojení následuje snížení prizmatické hodnoty do zaostření/spojení. Tento trénink probíhá opakovaně po dobu alespoň pěti minut. Trénink lze provádět jak do blízka, tak do dálky podle toho, jak to vyžaduje stav jedince. [14]

### Metoda „Tři kočky“

Tato metoda spadá pod techniky ve volném prostoru. K jejímu provedení jedinec potřebuje kartu, na níž jsou nakresleny dvě kočky ve vzdálenosti 40 cm. Každá tato kočka je na jedné straně karty s mezerou přibližně pěti centimetrů od středu karty. Každá ze dvou koček je nedokreslena, avšak každé chybí jiná část těla (například u jedné chybí ocas, zatímco u druhé nepozorujeme uši). [14] [19]

Principem tohoto cvičení je umístit ve střední vzdálenosti od karty hrot tužky. Jedinec fixuje hrot tužky a díky fúzi se za tužkou na kartě (mezi nedokonalými kočkami) objevuje kočka třetí, kompletní. Vlivem fyziologické diplopie může jedinec zprvu pozorovat kočky čtyři. Řešením je mírná úprava ve vzdálenosti hrotu tužky. Poté, co jedinec vidí tři kočky, je instruován, aby všechny tři kočky udržel ostré co nejdelší dobu. [14]

Toto cvičení může být po čase proveditelné i bez hrotu tužky. Toto cvičení je určeno především pro exoforii. [14] [19]



Obrázek 8: Cvičení „Tři kočky“ [14]

### Prizmatický flipper

Prizmatický flipper se skládá ze čtyř prizmatických čoček zasazených do horizontální destičky. První pár, 3 pdpt BI, je umístěn v horní části a druhý, 12 pdpt BO, je umístěn v části spodní. Jedinec rychle střídá pozice bází pomocí jednoduchého otáčecího pohybu. Po výměně bází vždy zaostřuje znaky ve vzdálenosti 40 cm. Jedinec cvičí s tímto flipperem do té doby, než dokáže vystřídat 20 cpm. [14]



Obrázek 9: Ukázka zrakového tréninku pomocí prizmatického flipperu. [14]

## 4 Praktická část

Původně jsem se měla zabývat naměřením a porovnáním reálných hodnot fúzních rezerv u mladých dospělých s obecně známými tabulkovými hodnotami. Vzhledem k situaci, která nastala počátkem března 2020 (výskyt epidemie COVID-19 na území ČR), jsem však od tohoto zadání odstoupila a zvolila si takovou metodu, kterou jsem mohla zpracovat z domova, aniž bych musela být v kontaktu s dalšími osobami. Tento výzkum je zaměřen na optometrickou praxi v ČR, konkrétně jsem se zaměřila na informace o tom, jakým způsobem jsou optometristé obeznámeni s měřením fúzních rezerv.

### 4.1 Cíle

Cílem praktické části bakalářské práce je získat informace o tom, jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v optometrických praxích vyšetřovány fúzní rezervy.

### 4.2 Metodika výzkumu

Pro výzkum optometrické praxe jsem zvolila sociologickou kvantitativní metodu výzkumu, a sice dotazníkové šetření. Tuto metodu jsem zvolila zejména z důvodu, že mohu data získat a zpracovávat bez fyzického kontaktu s dalšími osobami vzhledem k nastalé situaci (březen 2020).

Prvotně jsem sestavila internetový dotazník (viz příloha A), který jsem využila jako předvýzkum pro mou praktickou část bakalářské práce. Po stanovení hypotéz jsem zaslala dotazník deseti optometristům z mého okolí. Tento vzorek sestával primárně z optometristů působících na FBMI ČVUT v Kladně. Výsledky tohoto předvýzkumu determinovaly procentuální rozložení předpokladů (viz podkapitola 4.3). Následně jsem dotazník rozeslala pomocí sociálních sítí odborné veřejnosti. Dotazník byl aktivní od 14/4/2020 do 29/4/2020. Za tuto dobu bylo sesbíráno celkem 68 vyplněných dotazníků, z čehož bylo 67 použito pro rozbor a vyhodnocení dat. Jeden respondent byl vyřazen z výzkumu z důvodu nesplnění zákonem stanovených podmínek pro vykonávání optometrické praxe.

Na začátku dotazníku jsou respondenti obeznámeni se základními informacemi, jako je název dotazníku (bakalářské práce), mé jméno, studijní obor. Dále uvádím, že veškeré informace získané z tohoto výzkumu jsou anonymní. Dotazník obsahuje 11 uzavřených otázek sestavených na základě informací popsanych v teoretické části bakalářské práce. Úplné znění dotazníku je k dispozici jako příloha A.

### 4.3 Předpoklady

P1: Binokulární screening je pravidelnou součástí refrakčního vyšetření u 80 % respondentů.

P2: Minimálně 20 % respondentů nedisponuje ve vyšetřovně vybavením pro měření fúzních rezerv.

P3: Minimálně 40 % respondentů měří fúzní rezervy v indikovaných případech.

Procentuální hranice předpokladů byly sestaveny na základě výsledků předvýzkumu (více o předvýzkumu v podkapitole 4.2).

### 4.4 Rozbor sebraných dat

V této podkapitole se věnuji jednotlivým odpovědím respondentů.

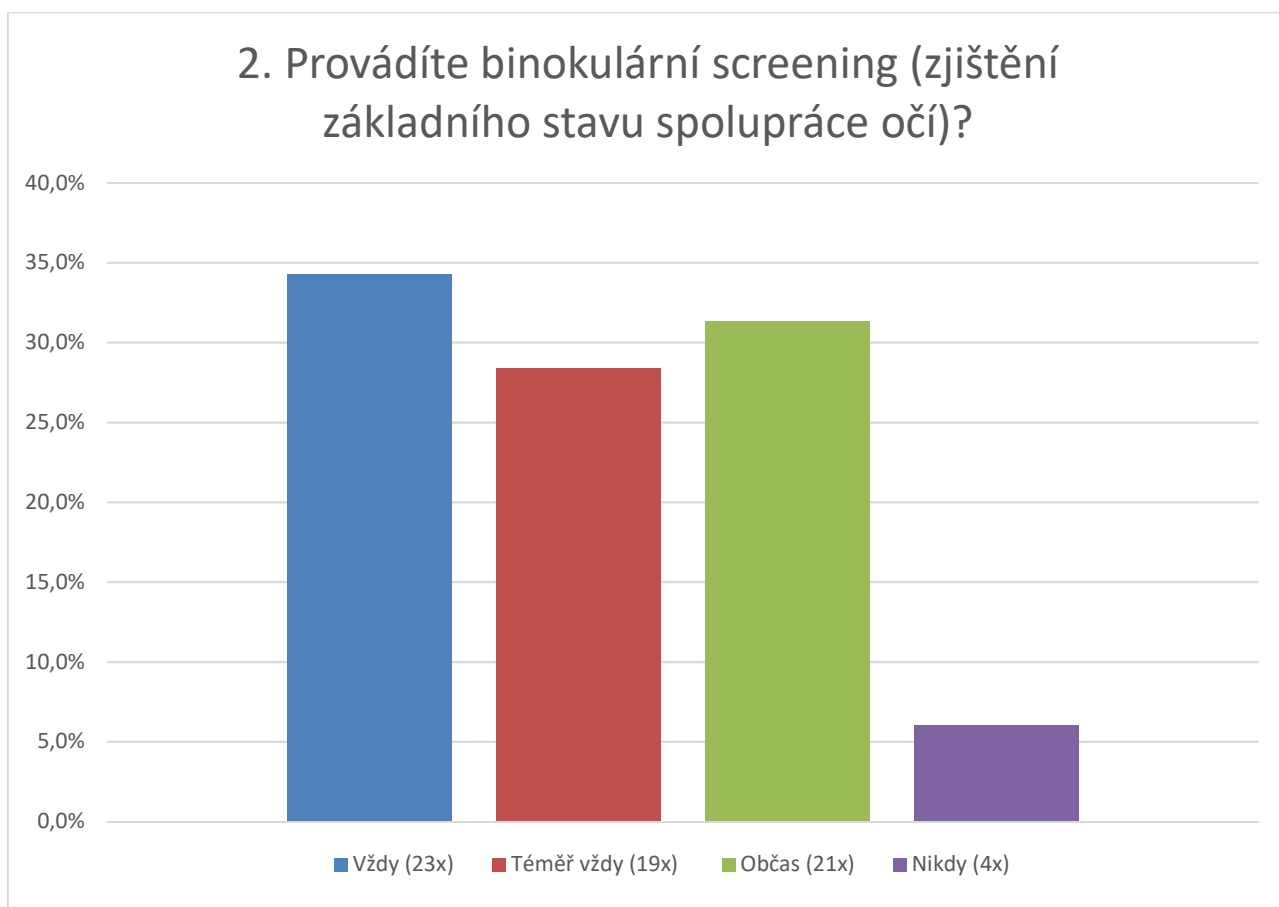
#### Otázka 1.: Jaké je Vaše povolání?

Možné odpovědi:

Optometrista (67x)

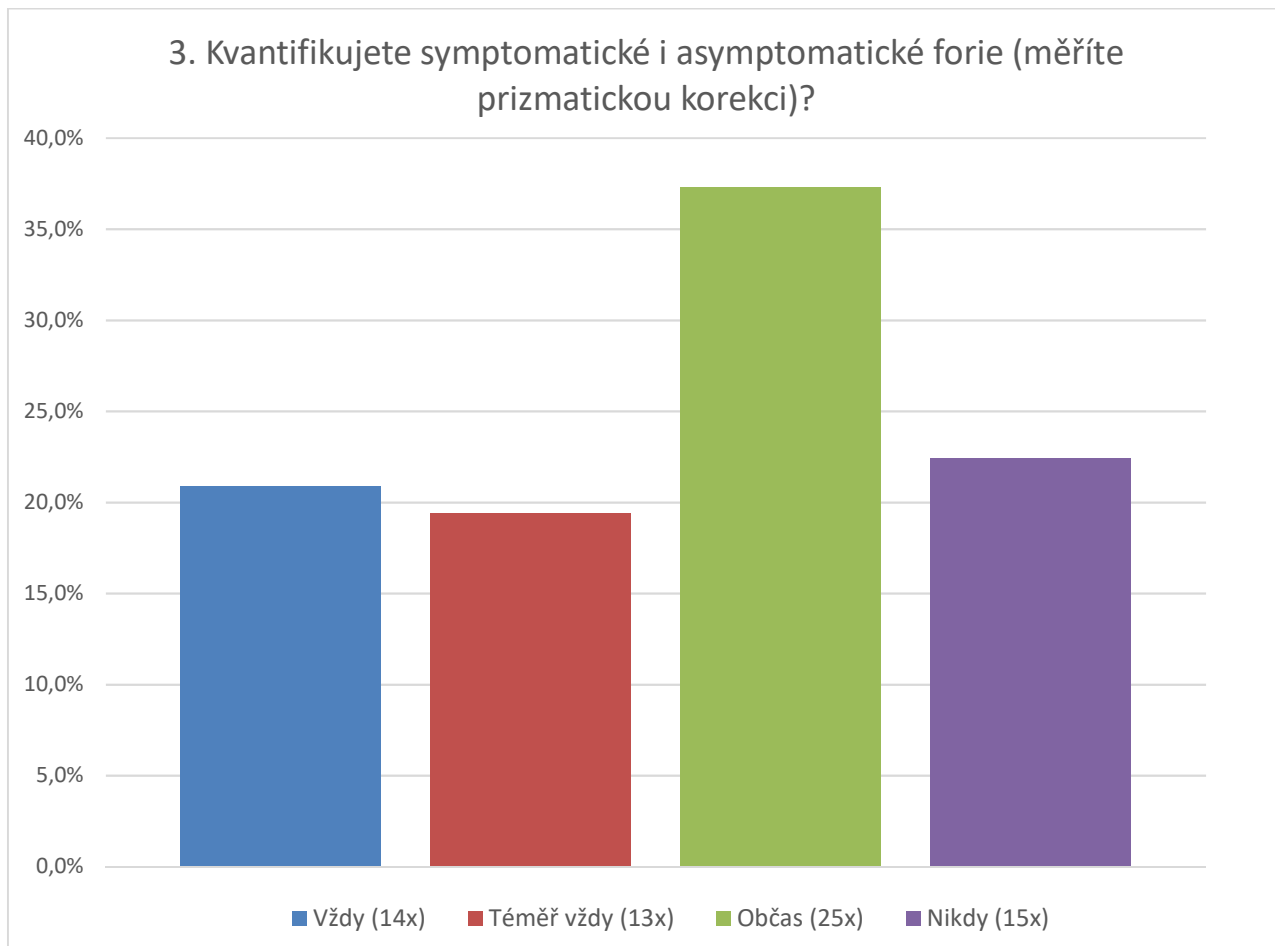
Oftalmolog (0x)

Cílem této otázky bylo rozlišit praxi optometristy a oftalmologa se zaměřením výhradně na optometrickou praxi. Celý vzorek respondentů se sestával z optometristů. Toto rozložení je zřejmě způsobeno tím, že jsem cíleně zaslala internetový dotazník do skupin, kde se vyskytují primárně optometristé a oční optici.

**Otázka č.2: Provádíte binokulární screening (zjištění základního stavu spolupráce očí)?**

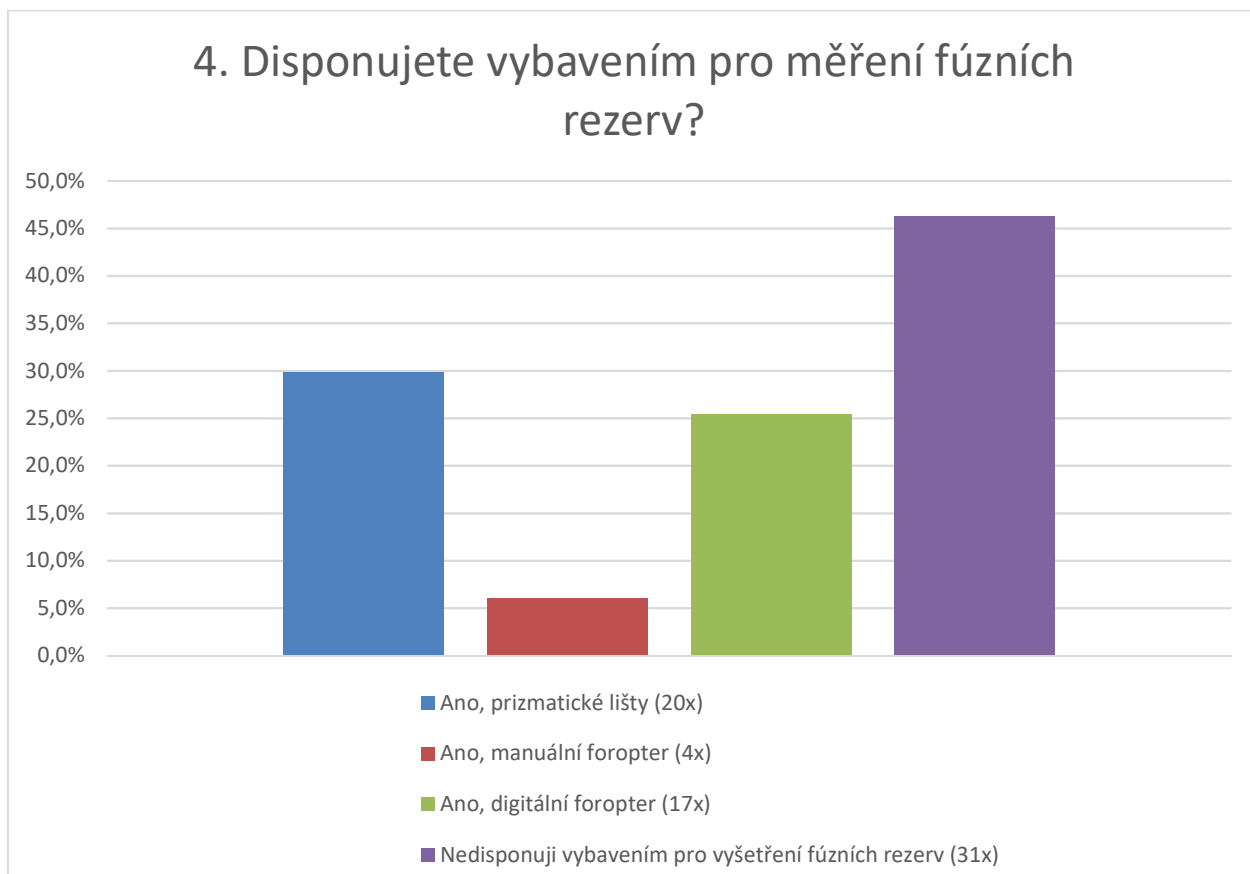
**Graf 1: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 2**

Z této otázky vyplývá, jaké procento optometristů se zabývá binokulárním statusem jejich klientů. Dle předvýzkumu byla stanovena hypotéza, že 80 % respondentů provádí pravidelně binokulární screening. Do tohoto kritéria jsem zařadila odpovědi *vždy* a *téměř vždy*. Dle procentuálního rozložení všech odpovědí nebyla tato hypotéza splněna, jelikož celkové procento odpovědí *vždy/téměř vždy* bylo 62,7 %. Oproti předvýzkumu nastal pokles o 17,3 %. Dle mého mínění je to způsobeno tím, že vzorek respondentů v předvýzkumu se sestával převážně z optometristů působících na akademické půdě FBMI ČVUT. Obecně se domnívám, že tito optometristé přistupují k optometrické praxi pečlivěji a jsou více informováni a vzděláváni o problematice binokulárního vidění, a proto kladou větší důraz na jeho vyšetřování.

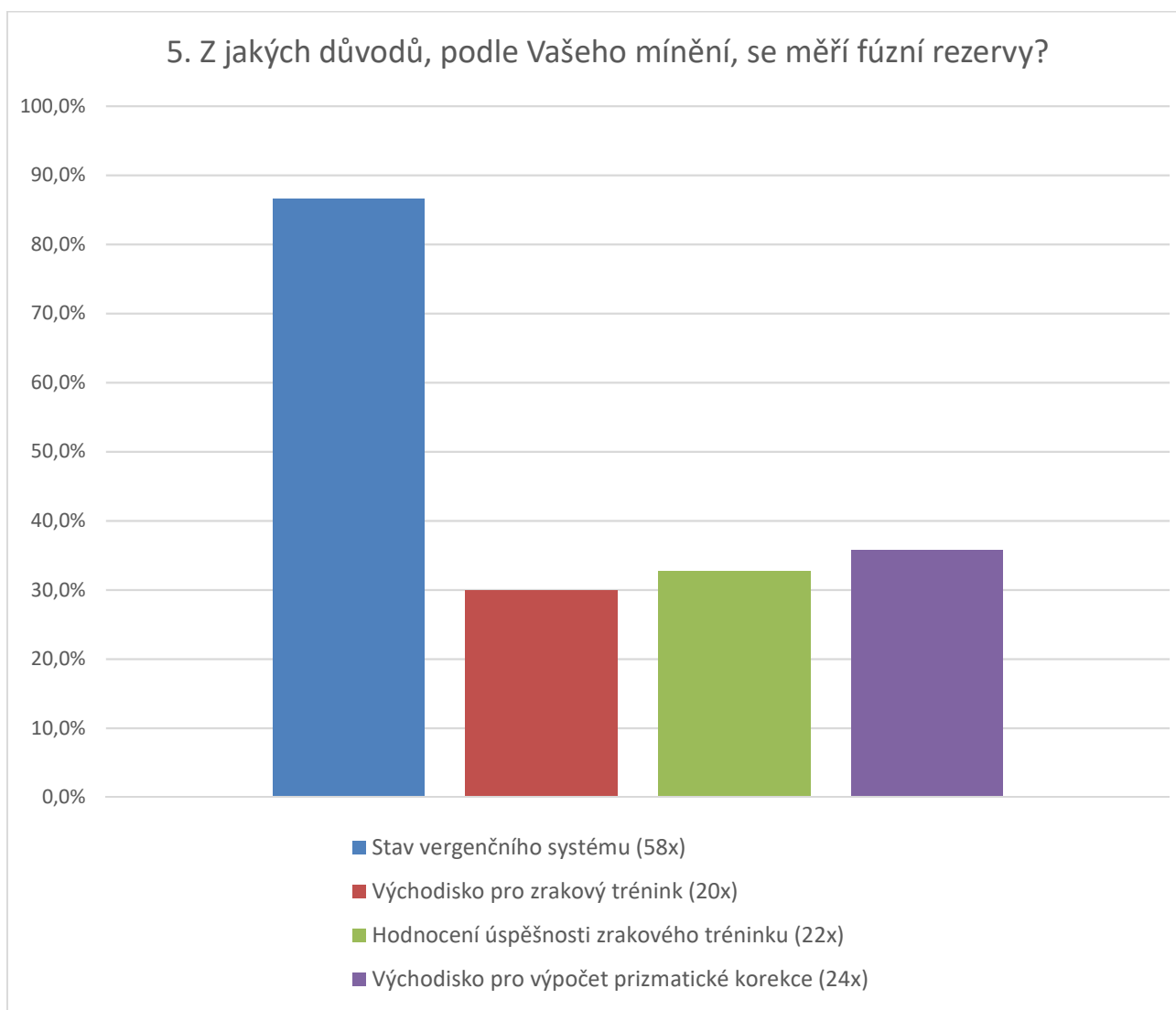
**Otázka 3.: Kvantifikujete symptomatické i asymptomatické forie (měříte prizmatickou korekci)?****Graf 2: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 3**

Tyto výsledky ukazují, jak respondenti přistupují k měření prizmatických korekcí ve svých optometrických praxích. U 40 respondentů není zvykem kvantifikovat forie. 15 respondentů dokonce uvádí, že forie nekvantifikuje nikdy. Kvantifikaci forií provádí dle výzkumu 40,3 % respondentů. Kvantifikaci forií může optometrista provádět pomocí testů popsaných v 2. kapitole. Jedná se například o Maddoxův kříž, Schoberův test či Mallettovu metodu zjištění forie na blízkou vzdálenost. Příčinou vysokého procenta respondentů nekvantifikujících forie může být například nedostatečně podrobné refrakční vyšetření. V takovém případě nemusí dojít k odhalení forie. Dalšími důvody může být například nedostatečná časová dotace vyšetření a nejistota ze strany vyšetřovaného.

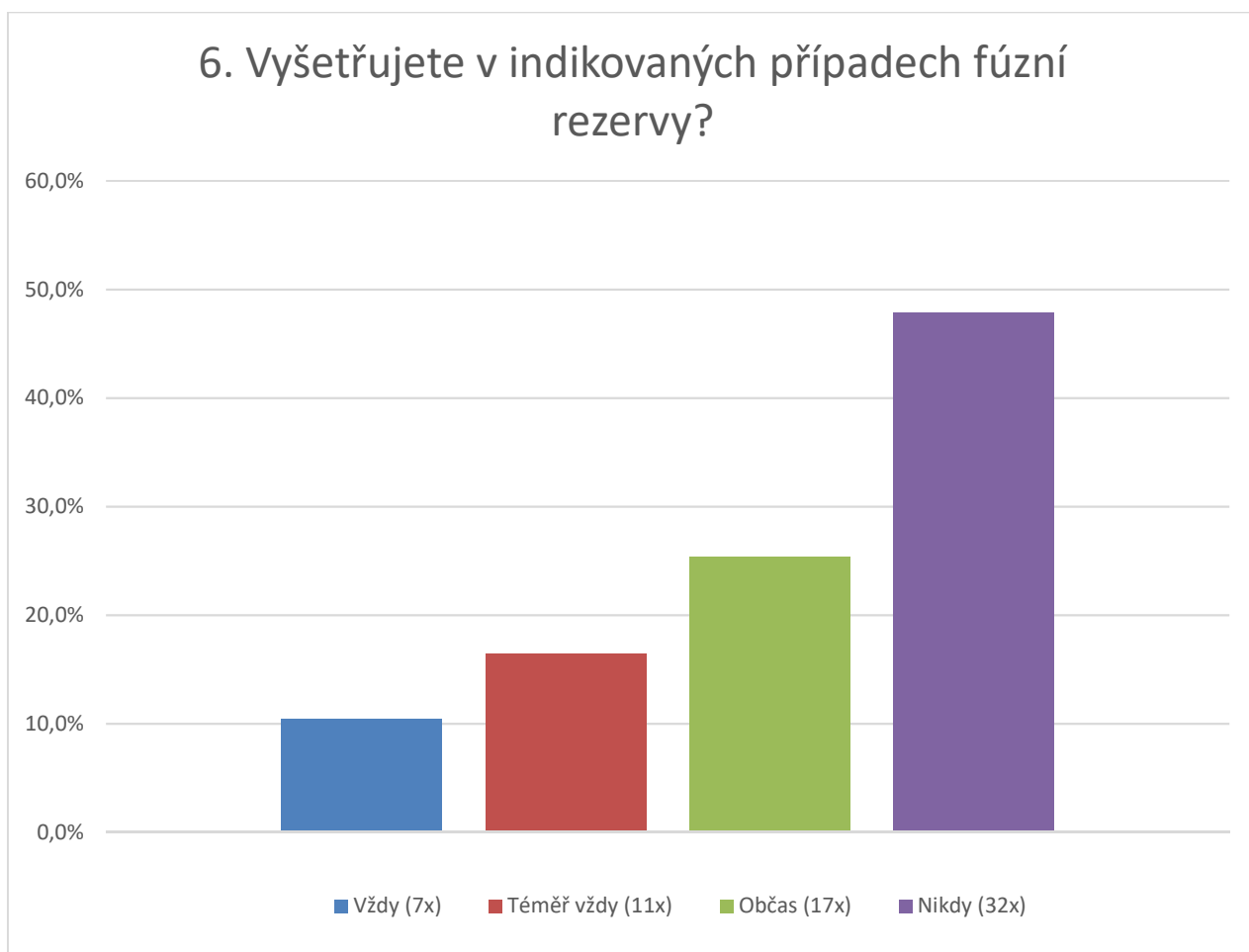


**Otázka 4.: Disponujete vybavením pro měření fúzních rezerv?****Graf 3: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 4**

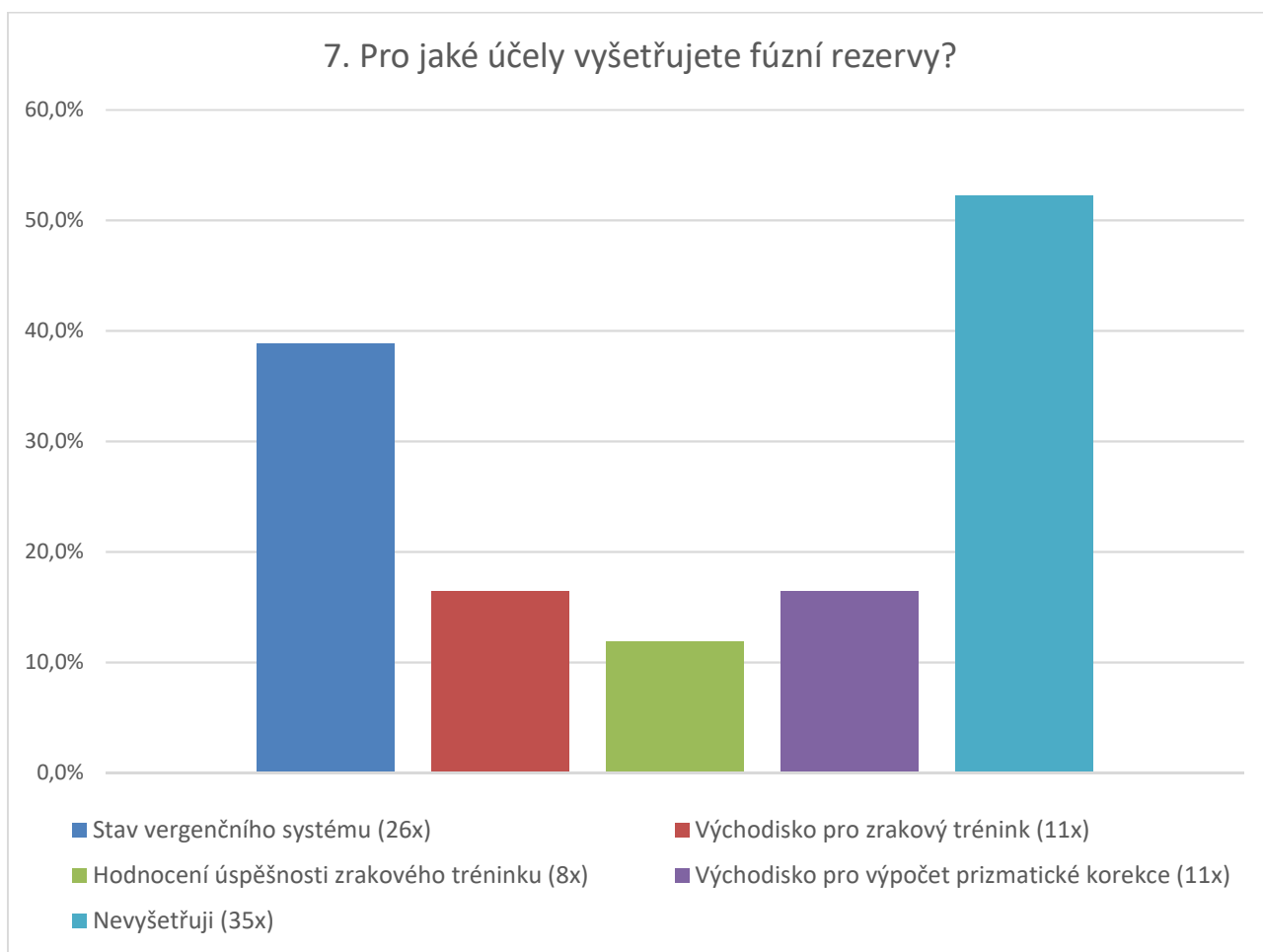
Cílem této otázky bylo zjistit, zda v optometrických praxích optometristé disponují příslušným vybavením k měření fúzních rezerv. Dle předvýzkumu byla stanovena minimální hranice 20 %. Celkem 46,3 % respondentů uvádí, že nedisponuje potřebným vybavením. Tato hypotéza byla splněna. Oproti předvýzkumu je procento respondentů nedisponujících vybavením pro měření fúzních rezerv vyšší (o 26,3 %). Tento rozdíl si opět vysvětlují jako důsledek použitého vzorku respondentů v předvýzkumu. Budeme-li předpokládat, že respondenti v předvýzkumu jsou ve svých vyšetřeních obecně důkladnější, lze předpokládat také větší vybavenost jejich vyšetřovacích místností.

**Otázka 5.: Z jakých důvodů, podle Vašeho mínění, se měří fúzní rezervy?****Graf 4: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 5**

Cílem této otázky bylo zjistit, jak jsou optometristé seznámeni s možnostmi využití výsledků fúzních rezerv. Respondent mohl vybrat více správných odpovědí. Většina (86,6 %) respondentů je seznámena s možností využití fúzních rezerv jako způsobu zjištění stavu vergenčního systému. U ostatních odpovědí pozorujeme výrazný pokles. Z tohoto rozložení vyplývá, že většina respondentů není seznámena se všemi možnostmi využití fúzních rezerv. To přisuzuji tomu, že 45 respondentů neprovádí zrakový trénink a část z nich předává klienty do péče specialisty (viz. otázka 9). Zároveň dle odpovědí u 3. otázky není kvantifikace forií obvyklá u čtyřiceti respondentů.

**Otázka 6.: Vyšetřujete v indikovaných případech fúzní rezervy?****Graf 5: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 6**

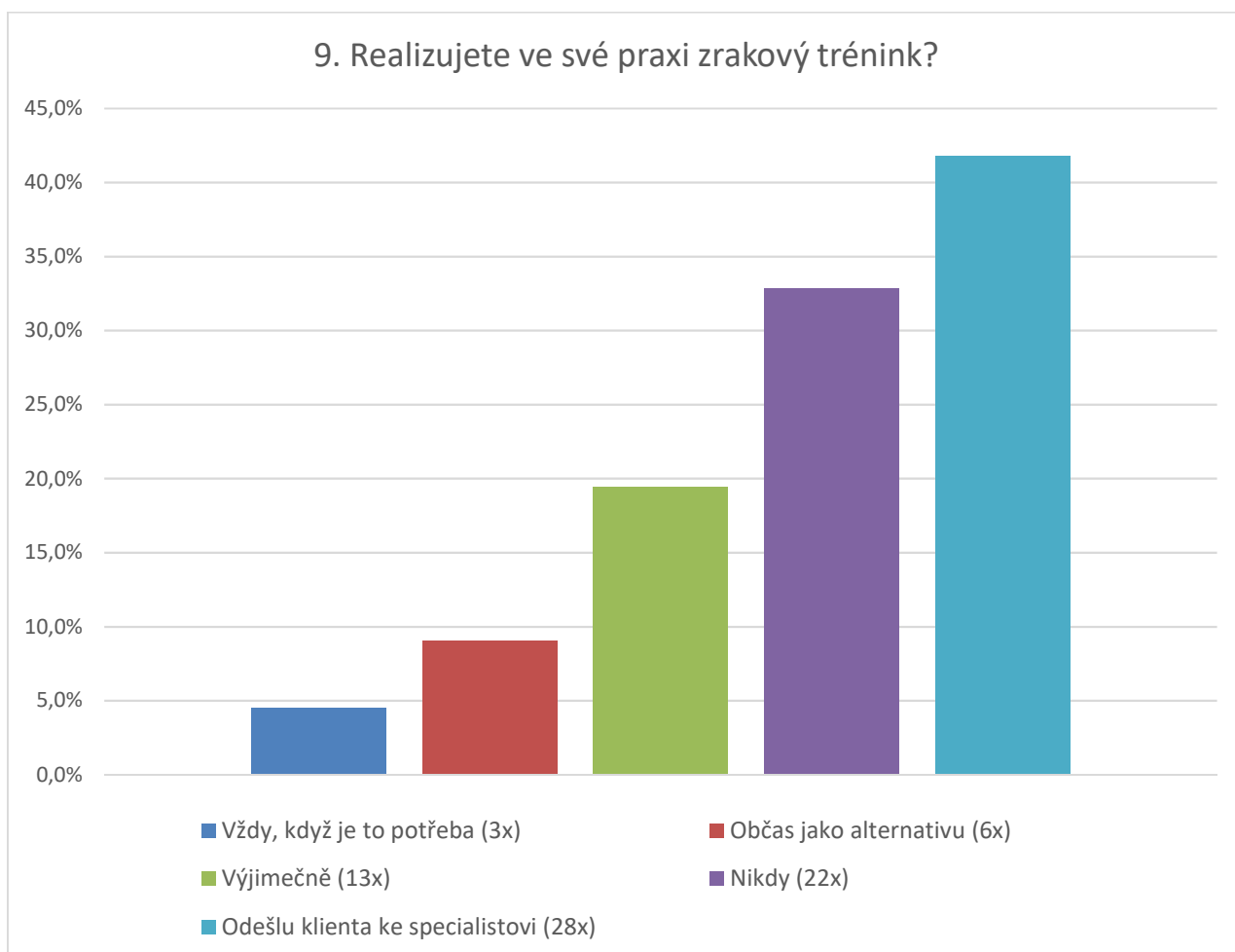
Dle předvýzkumu byla stanovena hypotéza, že alespoň 40 % respondentů měří fúzní rezervy v indikovaných případech (zahrnuje odpovědi *vždy*/*téměř vždy*). Tato hypotéza nebyla splněna jelikož 73,2 % respondentů odpovědělo, že fúzní rezervy vyšetřuje *občas* nebo *nikdy*. Zbýlých 26,8 % odpovědělo, že v indikovaných případech fúzní rezervy měří *vždy* nebo *téměř vždy*. Pokud se vrátíme k otázce č. 4 zjistíme, že pouze 1 respondent uvádí, že fúzní rezervy neměří i přes to, že disponuje vybavením pro měření fúzních rezerv. Ostatní respondenti vlastníci toto vybavení fúzní rezervy dle získaných odpovědí měří.

**Otázka 7.: Pro jaké účely vyšetřujete fúzní rezervy?****Graf 6: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 7**

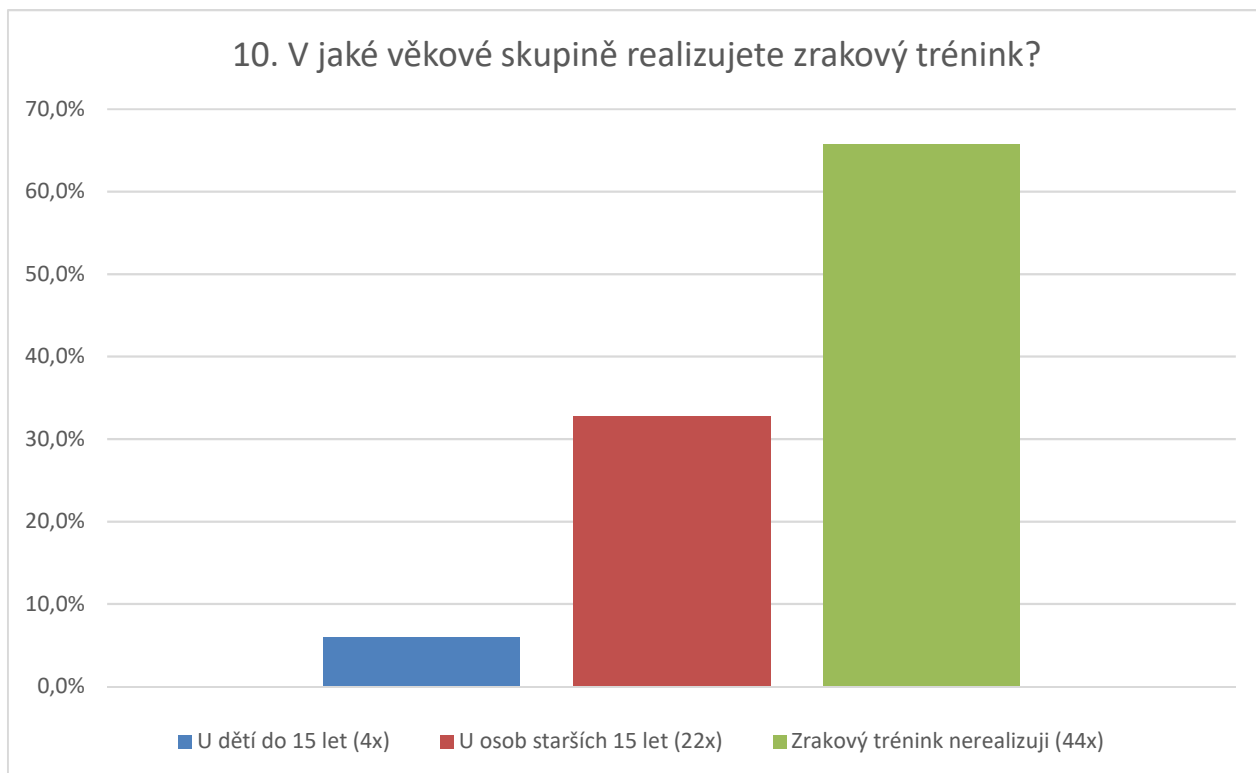
Otázka zaměřující se na využití měření fúzních rezerv pro konkrétní optometrickou praxi. Nejvíce respondenti využívají fúzní rezervy pro zjištění stavu vergenčního systému. V této otázce došlo k odchylce oproti otázce č. 6. V otázce 6 nalezneme 32 respondentů uvádějících, že fúzní rezervy neměří. U této otázky jejich počet stoupl na 35. Při bližším zkoumání jednotlivých dotazníků jsem zjistila, že dva z těchto respondentů odpověděli u otázky č. 6 *občas* a u otázky č. 7 *nikdy*. Jeden ze tří respondentů uvedl, že v indikovaných případech měří fúzní rezervy *téměř vždy*, avšak u otázky 7. uvádí, že fúzní rezervy nevyšetřuje. Mohlo dojít k nepochopení zadání otázek. Tato skutečnost se neprojevila během předvýzkumu.

**Otázka 8.: V jaké věkové skupině vyšetřujete fúzní rezervy?****Graf 7: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 8**

Tato otázka se zaměřuje na optometry, kteří pracují pod odborným dohledem oftalmologa, případně na oftalmology samotné. Otázka udává povědomí o tom, jaké je rozložení optometrů v jednotlivých praxích. Z 67 respondentů 5 uvádí, že fúzní rezervy měří u dětí mladších 15 let. S vědomím, že soubor respondentů se sestává pouze z optometrů vyplývá, že minimálně 5 respondentů jsou optometristé spolupracující s oftalmologem. 49,3 % respondentů měří fúzní rezervy u osob starších 15 let a 50,7 % respondentů fúzní rezervy nevyšetřuje. U této otázky mohl respondent vybrat více odpovědí.

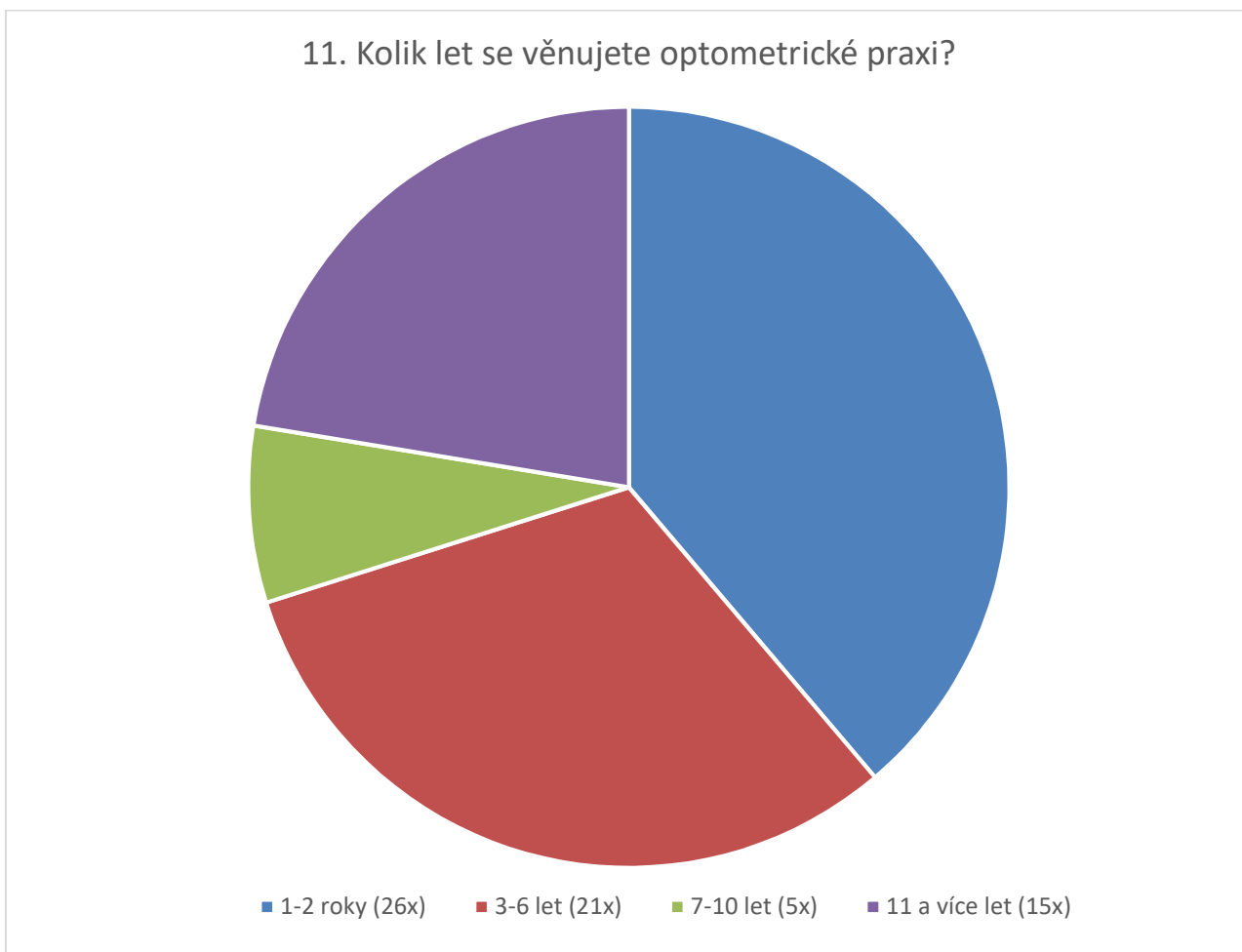
**Otázka 9.: Realizujete ve své praxi zrakový trénink?****Graf 8: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 9**

Zrakový trénink jako prostředek pro navýšení fúzních rezerv je popsán ve 3. kapitole. U této otázky mohl respondent vybrat více odpovědí. Při bližším zkoumání jednotlivých dotazníků jsem zjistila, že 45 respondentů neprovozuje zrakový trénink (sestává se z odpovědí *nikdy/odešlu klienta ke specialistovi*, které se v několika případech překrývají). U této otázky mohl respondent vybrat více odpovědí.

**Otázka 10.: V jaké věkové skupině realizujete zrakový trénink?****Graf 9: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 10**

Zde respondenti konkretizují, v jaké věkové skupině provádí zrakový trénink. Pokud se vrátíme k otázce 8, vidíme, že 5 respondentů měří fúzní rezervy u dětí do 15 let. Z těchto pěti respondentů čtyři realizují zrakový trénink v této skupině. Při bližším zkoumání jednotlivých dotazníků jsem zjistila, že 5 respondentů vyšetřuje fúzní rezervy u dětí mladších 15 let, ale pouze 2 z nich zároveň realizují u těchto dětí zrakový trénink. Ostatní respondenti zrakový trénink provádějí u osob starších 15 let (2x) a jeden z nich zrakový trénink nerealizuje a odesílá klienta ke specialistovi.

U otázky č. 10 najdeme 4 respondenty, kteří realizují zrakový trénink u dětí. Z tohoto vzorku 2 respondenti zároveň měří u dětí fúzní rezervy. Další dva respondenti neměří u dětí fúzní rezervy, ale realizují u dětí zrakový trénink.

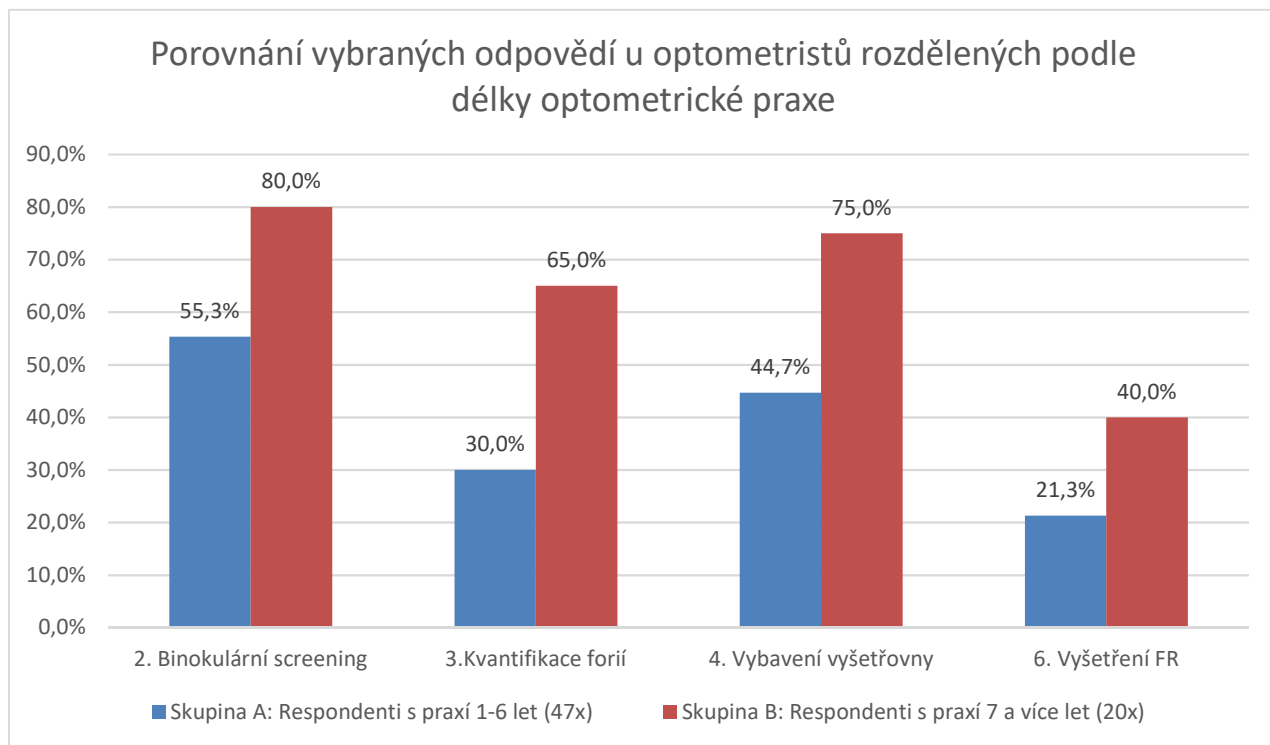
**Otázka 11.: Kolik let se věnujete optometrické praxi?**

**Graf 10: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 11**

Tento graf ukazuje, kolik let se respondenti věnují optometrické praxi. Dle odpovědí vyplývá, že se na výzkumu podíleli jak optometristé s optometrickou praxí přesahující 10 let, tak optometristé, kteří pracují v oboru méně než 7 let.



## Porovnání odpovědí u vybraných otázek z výzkumu



Graf 11: Rozložení odpovědí k vybraným otázkám podle délky optometrické praxe

Na tomto grafu porovnávám odpovědi u 4 vybraných otázek. V legendě je uvedeno číslo vybrané otázky a heslovitě popsáno, čeho se otázka týká. Červené sloupce zobrazují procentuální rozložení odpovědí u optometristů s praxí delší sedmi let, zatímco sloupce modré zobrazují totéž u optometristů, kteří se optometrické praxi věnují maximálně šest let. Procenta odpovídají součtu odpovědí *vždy/téměř vždy*.

**Otázka č. 2:** Provádíte binokulární screening (zjištění základního stavu spolupráce očí)?

Procentuální rozdíl je 24,7 %. Optometristé ze skupiny B jsou dle výzkumu důkladnější. Ze skupiny optometristů s delší praxí vychází, že 80 % provádí binokulární screening pravidelně. Pouze 2 respondenti uvádí, že provádějí binokulární screening *občas* a další 2 *nikdy*. Naproti tomu, ve skupině A je rozložení odpovědí více rovnoměrné. Ze 47 respondentů jich 19 provádí binokulární screening *občas* a pouze 2 respondenti *nikdy*.

**Otázka č. 3:** Kvantifikujete symptomatické i asymptomatické forie (měříte prizmatickou korekci)?

Procentuální rozdíl je 35 % ve prospěch optometristů s praxí delší sedmi let (skupina B). Ze skupiny A, kde je celkový počet respondentů 20, jich 13 kvantifikuje forie. U respondentů s kratší praxí (47 jedinců) jich forie kvantifikuje pouze 14. Zároveň možnost *nikdy* vybrali ve skupině B pouze 2 respondenti (odpovídá 10 %). Ze skupiny A se jednalo o 13 respondentů (odpovídá 27,7 %).

**Otázka 4.:** Disponujete vybavením pro měření fúzních rezerv?

Procentuální rozdíl je 30,3 %. Z výsledků vyplývá, že optometristé ze skupiny B mají více vybavené vyšetřovny. Ze 47 respondentů ze skupiny A jich 55,3 % nedisponuje vybavením pro vyšetření fúzních rezerv. Naproti tomu skupina B disponuje daným vybavením ze 75 %.

**Otázka 6.:** Vyšetřujete v indikovaných případech fúzní rezervy?

Procentuální rozdíl je 18,7 %. Ze skupiny A vyšetřuje 21,3 % respondentů fúzní rezervy indikovaných případech *vždy* nebo *téměř vždy*. Zároveň 53,2 % nevyšetřuje fúzní rezervy *nikdy*. V případě skupiny B se jedná o 40 % respondentů, kteří v indikovaných případech fúzní rezervy vyšetřují. Dále z této skupiny 35 % uvádí, že fúzní rezervy nevyšetřují *nikdy*.

## 4.5 Diskuse

Cílem bakalářské práce bylo zjistit jakým způsobem, v jaké míře a z jakých důvodů jsou v optometrických praxích měřeny fúzní rezervy. Metodou výzkumu byl sociologický kvantitativní výzkum realizovaný formou online dotazníku.

Na počátku výzkumu byly stanoveny 3 předpoklady.

Prvním předpokladem bylo, že binokulární screening je pravidelnou součástí refrakčního vyšetření u 80 % respondentů. Dle procentuálního rozložení všech sebraných odpovědí nebyl tento předpoklad splněn, jelikož celkové procento optometristů provádějící pravidelně binokulární screening odpovídá 62,7 %. Domnívám se, že je to způsobeno skladbou respondentů u předvýzkumu. Tento desetičlenný vzorek sestával převážně z optometristů, kteří se neustále vzdělávají v oboru a získávají stále nové poznatky, které dále předávají. Zbýlých 37,3 % respondentů binokulární screening provádí pouze *občas* nebo *nikdy*. Toto číslo je velmi vysoké vzhledem k důležitosti binokulárního screeningu v běžném vyšetření.

Druhým předpokladem bylo, že minimálně 20 % respondentů nedisponuje ve vyšetřovně vybavením pro měření fúzních rezerv. Tento předpoklad byl splněn. Celkově 46,3 % respondentů uvádí, že nedisponuje vybavením pro měření fúzních rezerv.

Třetím a posledním předpokladem bylo, že alespoň 40 % respondentů měří fúzní rezervy v indikovaných případech. Tento předpoklad nebyl splněn. Celkově provádí v indikovaných případech měření fúzních rezerv pouze 26,8 % respondentů. Tento rozdíl si vysvětlují opět jako důsledek použitého vzorku respondentů. Budeme-li předpokládat, že respondenti z předvýzkumu jsou ve svých vyšetřeních obecně důkladnější, lze předpokládat také větší vybavenost jejich vyšetřovacích místností.

Z výsledků vyplývá, že u mnoha optometristů není binokulární status a práce s binokulárním viděním běžnou součástí refrakčního vyšetření. Množství respondentů disponujících vybavením pro fúzní rezervy zhruba odpovídá méj představě o optometrické praxi v České republice. Prostor pro zlepšení vidím v informovanosti optometristů ohledně možností praktického využití výsledků fúzních rezerv a následně zlepšení vybavení vyšetřoven. Rozložení odpovědí u poslední otázky dotazníku ukazuje, že se na výzkumu podíleli jak optometristé s dlouholetou praxí, tak optometristé, kteří pracují v oboru méně než 7 let.

## 5. Závěr

Progrese oboru optometrie dosáhla bodu, kdy je nedostačující pouhá korekce do dálky a blízka. Mnohdy se setkáváme v praxi s klienty, kteří přijdou se zdánlivě jasným pokynem – změřit korekci do brýlí na dálku či do blízka. Důkladným vyptáním se na anamnézu však můžeme odhalit dlouholeté astenopické obtíže, zrakovou únavu, migrény a jiné stavy, ne vždy přímo odkazující na zrakový aparát. Následným komplexním vyšetřením zrakového aparátu a stavu binokularity jedince dostáváme souhrnný obraz toho, zda a jak bychom mohli klientovi pomoci. Přestože se v praxi fúzní rezervy mnohdy nevyšetřují, jejich zjištěním můžeme odhalit odchylky, či potvrdit výsledky jiných provedených testů. Zrakový trénink, jako prostředek k navýšení fúzních rezerv, může následně sloužit jako účinná terapie heteroforie bez použití prizmatické korekce.

V praktické části bakalářské práce jsem se dozvěděla více o optometrické praxi v České republice. Z výzkumu vychází skutečnost, že více než třetina všech respondentů neprovádí pravidelně binokulární screening. Další skutečností je, že více než polovina respondentů nevyšetřuje fúzní rezervy. Obecně z výzkumu vyplývá, že optometristé s praxí delší sedmi let jsou ve svých vyšetřeních komplexnější. Rozhodně vidím prostor pro zlepšení a věřím, že po vyplnění dotazníku si někteří respondenti vyhledali více informací o možnostech, jak využít fúzní rezervy pro jejich optometrickou praxi, a uvědomili si, že problematika binokulárního vidění se stává každým rokem více diskutovaná a je důležité se dovzdělávat a informovat se o nových postupech. Toto téma prohloubilo mé znalosti, které uplatním nejprve u státní závěrečné zkoušky a následně ve své optometrické praxi.

## Seznam použité literatury

- [1] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. Borish's clinical refraction. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 0750675241
- [2] ČIHÁK, Radomír, DRUGA, Rastislav a Miloš GRIM, ed. Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 802471132x
- [3] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [4] KUČHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8
- [5] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-316-6
- [6] AUTRATA, Rudolf. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [7] GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA. Základy anatomie. 2., přeprac. vyd. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-156-8
- [8] PLUHÁČEK, František a Lenka MUSILOVÁ. Akomodace avergence. Katedra optiky PřF UP v Olomouci. Dostupné z: [www.optometry.cz](http://www.optometry.cz). Datum citace 2.1.2020
- [9] HUNG, George K. a Kenneth J. CIUFFREDA. Models of the visual system. Models of the visual system [online]. 1. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002, s. 341-385 [cit. 2019-11-12]. ISBN 0306467151. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=TInGyhLEaEwC&pg=PA342&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=TInGyhLEaEwC&pg=PA342&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- [10] STIDWILL, David a Robert FLETCHER. Normal Binocular Vision: Theory, Investigation and Practical Aspects. West Sussex: Blackwell Publishing, 2011. ISBN 9781405192507
- [11] RABBETTS, Ronald B. Bennett & Rabbetts' clinical visual optics. 4th ed. New York: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 9780750688741

- [12] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, c2014. ISBN 0781777844
- [13] KUČERA, Přemysl, Binokulární vidění, základy ortoptiky [online]. FBMI ČVUT, 2019. Datum citace 2.1.2020. Dostupné z: <https://moodle-vyuka.cvut.cz/mod/forum/discuss.php?d=1227>
- [14] EVANS, Bruce J. W. a David PICKWELL. Pickwell's binocular vision anomalies. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, c2007. ISBN 0750688971
- [15] ZÁBRANSKÁ, Magdaléna. Anomální retinální korespondence [online]. In: 2016, 26/10/2016, s. 1-12 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://prezi.com/uqa2tbzofz9e/anomalni-retinalni-korespondence/>
- [16] VON NOORDEN, Gunter K. a E. C. CAMPOS. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus. 6th ed. St. Louis, Mo.: Mosby, c2002. ISBN 0323011292
- [17] PLUHÁČEK, František. Forie. Katedra optiky PřF UP v Olomouci. Dostupné z: <http://www.optometry.cz/obsah/materialy/forie.pdf>. Datum citace 8.1.2020
- [18] Heterophoria: Symptoms, Causes, Diagnosis and Management. In: AIMU American International Medical University [online]. 2017 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.aimu.us/2017/12/10/heterophoria-symptoms-causes-diagnosis-and-management/>
- [19] PLUHÁČEK, František a Markéta Halbrštátová. ZT pro řešení dekompenzované forie. Katedra optiky PřF UP v Olomouci. Dostupné z: [http://www.optometry.cz/obsah/materialy/ZT\\_HTF.pdf](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/ZT_HTF.pdf)
- [20] JEŘÁBKOVÁ, Andrea. Zakrývací test (Cover test). Česká oční optika [online]. 20/8/2014, 2014, 1 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/zakryvaci-test-cover-test\\_4c691](https://www.4oci.cz/zakryvaci-test-cover-test_4c691)
- [21] CVANCIGEROVÁ, Gabriela. Zakrývací test. Česká oční optika [online]. 2013, 6/12/2013, 2013(3), 1 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/zakryvaci-test\\_4c662](https://www.4oci.cz/zakryvaci-test_4c662)

- [22] VESELÝ, Petr a Pavel BENEŠ. Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2071-0.
- [23] Maddoxův kříž. Oculus.de [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.oculus.de/cz/produkty/ortoptika-pleoptika/maddoxuv-kriz/vyznacne-vlastnosti/>
- [24] JEAN, Paul. Le test de Mallet. Personal site of Paul jean [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <http://p.jean2.pagesperso-orange.fr/Optome/hetero/image/Image534.gif>
- [25] Schober Test - testing for phoria. Pattayaoptical [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://pattayaoptical.com/eye-examination/>
- [26] HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-530-3.
- [27] KŘÍŽ, Pavel. Přístroje pro měření fúzních rezerv. Česká oční optika [online]. 2016, 18.7.2017, 2016(01), 1 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/pristroje-pro-mereni-fuznich-rezerv\\_4c721](https://www.4oci.cz/pristroje-pro-mereni-fuznich-rezerv_4c721)
- [28] PAVEL, Kříž. Měření rozsahu fúzních rezerv. Česká oční optika [online]. 2016, 29/11/2016, 2016(01), 1 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/mereni-rozsahu-fuznich-rezerv\\_4c713](https://www.4oci.cz/mereni-rozsahu-fuznich-rezerv_4c713)
- [29] FALHAR, Martin, a kolektiv. 21 VBV: 21 kroků vyšetření binokulárního vidění [online]. In: 2016, s. 2-31 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <http://www.optikarium.cz/21VBV.pdf>
- [30] COOPER, Jeffrey. Clinical Implications of Vergence Adaptation. Optometry and vision science [online]. 1992, 1992(69), 300-306 [cit. 2020-01-02]. DOI: 10405488/92/69040300\$03,00/0. Dostupné z: <https://sals3.patientpop.com/assets/docs/58081.pdf>
- [31] PLUHÁČEK, František, Lucie Glogarová a Eliška Hladíková Zásady práce s prizmatickými lištami. Katedra optiky PřF UP v Olomouci. Dostupné z: [http://www.optometry.cz/obsah/materialy/prizmaticke\\_listy.pdf](http://www.optometry.cz/obsah/materialy/prizmaticke_listy.pdf). Datum citace 20.1.2020

- [32] GELLER, Matt. Percival/ Sheard's/ 1:1 rule for prism. In: Optometry students [online]. American Optometric Association, 10.11.2011 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.optometrystudents.com/pearl/percival-sheards-11-rule-for-prism/>
- [33] BRŮNOVÁ, Blanka. Poruchy binokulárního vidění: pohled do angloamerické praxe. Česká oční optika [online]. 2012, 11.9.2012, 2012(5), 1 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: [https://www.4oci.cz/poruchy-binokularniho-videni-pohled-do-angloamericke-praxe\\_4c593](https://www.4oci.cz/poruchy-binokularniho-videni-pohled-do-angloamericke-praxe_4c593)



## Seznam symbolů a zkratek

### Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$\Delta_0$	<i>pdpt</i>	<i>Velikost odchyšky při pohledu do nekonečna</i>
$\Delta_n$	<i>pdpt</i>	<i>Velikost odchyšky do blízka</i>
$\Delta_1$	<i>pdpt</i>	<i>Úchýlení po předsazení sférických čoček</i>

### Seznam zkratek

Zkratka	Význam
AC/A	Poměr akomodační konvergence k akomodaci
CA/C	Poměr konvergenční akomodace ke konvergenci
PD	Pupilární distance
BI	Prizma umístěné bází dovnitř
BO	Prizma umístěné bází ven
BU	Prizma umístěné bází nahoru
BD	Prizma umístěné bází dolů
HTF	Heteroforie
FR	Fúzní rezervy
mm	Milimetr
dpt	Dioptrie
pdpt	Prizmatická dioptrie
cpm	„Cycles per minute“ – Počet cyklů za jednu minutu
cm	Centimetr
$\mu\text{m}$	Mikrometr
$^{\circ}/\text{s}$	Stupeň za sekundu
m. ú.	Metrový úhel
pdpt/s	Prizmatická dioptrie za sekundu

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Klasifikace heteroforie na základě směru odchylky. [14] .....	16
Obrázek 2: Maddoxova lišta. [23] .....	20
Obrázek 3: Mallettův test a jeho možné výsledky. Zprava: horizontální ortoforie, pravá exoforie, bilaterální esoforie, levá hypoforie, hypoforie pravého a hyperforie levého oka. [24] .....	20
Obrázek 4: Zobrazení Schoberova testu při ortoforickém postavení [25].....	21
Obrázek 5: Ukázka správné polohy prizmatické korekce. Na obrázku zobrazena exoforie pravého oka korigovaná pomocí prizmat bází dovnitř. [14] .....	24
Obrázek 6: Měření pozitivních fúzních rezerv do blízka. [14].....	28
Obrázek 7: Stereoskop sloužící ke zrakovému tréninku. [14].....	33
Obrázek 8: Cvičení „Tři kočky“ [14] .....	34
Obrázek 9: Ukázka zrakového tréninku pomocí prizmatického flipperu. [14] .....	35

## Seznam grafů

Graf 1: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 2 .....	38
Graf 2: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 3 .....	39
Graf 3: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 4 .....	40
Graf 4: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 5 .....	41
Graf 5: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 6 .....	42
Graf 6: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 7 .....	43
Graf 7: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 8 .....	44
Graf 8: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 9 .....	45
Graf 9: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 10 .....	46
Graf 10: Rozložení odpovědí respondentů k otázce 11 .....	47
Graf 11: Rozložení odpovědí k vybraným otázkám podle délky optometrické praxe .....	48

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka očekávaných hodnot binokulárních testů. Převzato, upraveno a přeloženo z [12].....	28
---	----

## Seznam rovnic

Rovnice 1 [16].....	25
Rovnice 2 [16].....	26
Rovnice 3 [12].....	29
Rovnice 4. [12].....	30
Rovnice 5 [32].....	30

## **Příloha A - Dotazník na téma Vyšetření fúzních rezerv v praxi**

Dobrý den,

Jmenuji se Magdalena Chvalová a studuji poslední ročník oboru Optika a optometrie na Fakultě Biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně.

Chci Vás požádat o vyplnění následujícího dotazníku k mé bakalářské práci na téma: Vyšetření fúzních rezerv v praxi. Veškeré poskytnuté informace jsou anonymní.

Předem děkuji za Váš čas věnovaný tomuto dotazníku.

1. Jaké je Vaše povolání
  - a) Optometrista
  - b) Oftalmolog
  
2. Provádíte binokulární screening (zjištění základního stavu spolupráce očí)?
  - a) Vždy
  - b) Téměř vždy
  - c) Občas
  - d) Nikdy
  
3. Kvantifikujete symptomatické i asymptomatické forie (měříte prizmatickou korekci)?
  - a) Vždy
  - b) Téměř vždy
  - c) Občas
  - d) Nikdy
  
4. Disponujete vybavením pro měření fúzních rezerv? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
  - a) Ano, prizmatické lišty
  - b) Ano, manuální foropter
  - c) Ano, digitální foropter
  - d) Nedisponuji vybavením pro vyšetření fúzních rezerv

- 
5. Z jakých důvodů, podle Vašeho mínění, se měří fúzní rezervy? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
- a) Stav vergenčního systému
  - b) Východisko pro zrakový trénink
  - c) Hodnocení úspěšnosti zrakového tréninku
  - d) Východisko pro výpočet prizmatické korekce
6. Vyšetřujete v indikovaných případech fúzní rezervy?
- a) Vždy
  - b) Téměř vždy
  - c) Občas
  - d) Nikdy
7. Pro jaké účely vyšetřujete fúzní rezervy? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
- a) Stav vergenčního systému
  - b) Východisko pro zrakový trénink
  - c) Hodnocení úspěšnosti zrakového tréninku
  - d) Východisko pro výpočet prizmatické korekce
8. V jaké věkové skupině vyšetřujete fúzní rezervy? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
- a) Děti do 15 let
  - b) Osoby starší 15 let
  - c) Fúzní rezervy nevyšetřuji
9. Realizuje ve své praxi zrakový trénink? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)
- a) Vždy, když je potřeba
  - b) Občas jako alternativu
  - c) Výjimečně
  - d) Nikdy
  - e) Odešlu klienta ke specialistovi

10. V jaké věkové skupině realizujete zrakový trénink? (Vyberte jednu nebo více odpovědí)

- a) U dětí do 15 let
- b) U osob starších 15 let
- c) Zrakový trénink nerealizují

11. Kolik let se věnujete optometrické praxi?

- a) 1-2 roky
- b) 3-6 let
- c) 7-10 let
- d) 11 a více let