ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

TEREZA
TESAŘOVÁ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Výskyt vergenčních vad v populaci

Occurrence of vergence errors in the population

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Tereza Tesařová

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jakub Král

Kladno 2018

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2017/2018

Zadání bakalářské práce

Student:	**Tereza Tesařová**
Obor:	Optika a optometrie
Téma:	**Výskyt vergenčních vad v populaci**
Téma anglicky:	Occurrence vergence errors in the population

Zásady pro vypracování:

V úvodních kapitolách rozdělí a popíše jednotlivé refrakční vady, vergenční vady a jejich postup při řešení. Popíše postup získávání informací pro vyústění kvalitně zpracované binokulární refrakce tzn. zjištění a postup měření blízkého bodu konvergence a akomodace, dále fúzní rezervy, akomodační a vergenční facilitu a strabologické problémy na dálku a na blízko aj. následně vyjádří referenční normo-hodnoty. V experimentální části získá hodnoty vergenčních forií od zaměstnanců a studentů z řad Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT a výsledky vhodně zpracuje.

Seznam odborné literatury:

[1] ELLIOTT D. B., Clinical Procedures in Primary Eye Care, ed. 3, Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0750688963
[2] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
[3] KUCHYŇKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8

Zadání platné do: 20.09.2019

Vedoucí: Mgr. Jakub Král

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Název bakalářské práce: Výskyt vergenčních vad v populaci

Abstrakt:

Tato práce se zabývá problematikou vergenčních vad. V úvodních kapitolách zmiňuje anatomii senzorické a motorické části oka, zabývá se očními pohyby monokulárními a binokulárními, motilitou bulbů a popisuje jednotlivé stupně jednoduchého binokulárního vidění sloužící k získání kvalitního prostorového vjemu. Dále obsahuje část věnující se refrakčním vadám, které mají vliv na vergenční poruchy. Také pojednává o vztahu akomodace a vergence a jejich poruchách, o stavech ortoforie, heteroforie a heterotropie a o epidemiologii vergenčních vad a shrnuje několik různých studií a článků na toto téma. V poslední, závěrečné části se věnuje experimentu soustřeďujícímu se na dané téma.

Klíčová slova:

Vergenční vady, motilita oka, binokulární vidění, heteroforie

Bachelor´s Thesis title: Occurrence of vergence errors in the population

Abstract:

This research deals with the issue of vergence disorders. In the introductory chapters, it describes anatomy of sensory and motor parts of the eye, it deals with eye monocular and binocular movements, eye motility and it provides description of individual stages of simple binocular vision serving to obtain quality spatial perception. It also contains a section dealing with refractive defects that affect vergence disorders. This work also contains information on the relationship of accommodation and vergence and their dysfunctions, description of the state of orthoforia, heterophoria and heterotropia and epidemiology of vergence defects and summarizes several different studies and articles on this topic. In the last final part deals with an experiment focusing on the topic.

Key words:

Vergence dysfunctions, eye motility, binocular vision, heterophoria

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, panu Mgr. Jakubovi Královi, za cenné rady a připomínky, které mi poskytl při psaní. Mé velké díky patří také mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Výskyt vergenčních vad v populaci*“ 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).

V *Kladně* dne …… …….

podpis

Obsah

1. Úvod 1
1.1 Cíle práce 1
1.1.1 Hypotézy 2
2. Anatomie zrakového orgánu 3
2.1 Senzorická část 3
2.1.1 Periferní složka 3
2.1.2 Zraková dráha 4
2.1.3 Zrakové centrum mozkové kůry 5
2.2 Motorická část 5
2.2.1 Okohybné svaly 5
2.2.2 Okohybné nervy a jejich jádra 6
2.2.3 Motorická centra mozkové kůry 7
3. Oční pohyby a motilita bulbu 8
3.1 Hlavní postavení bulbů 8
3.2 Otočný bod bulbu 8
3.3 Oční pohyby 8
3.3.1 Monokulární pohyby 8
3.3.2 Binokulární pohyby 9
3.4 Základní pohledové mechanismy 9
4. Binokulární vidění 11
4.1 Jednoduché binokulární vidění 11
4.1.1 Poruchy jednoduchého binokulárního vidění 12
5. Refrakční vady 14
5.1 Hypermetropie 14
5.2 Myopie 15
5.3 Astigmatismus 16
5.3.1 Pravidelný astigmatismus 16
5.3.2 Nepravidelný astigmatismus 17
6. Akomodace a konvergence oka 18
6.1 Blízký bod akomodace a konvergence 18
6.2 AC/A poměr 19
6.3 Akomodační a vergenční facilita 19

6.4 Fúzní rezervy 21
6.5 Poruchy akomodace a vergence 23
6.5.1 Akomodační dysfunkce 23
6.5.2 Vergenční dysfunkce 24
7. Ortoforie, heteroforie a heterotropie 26
7.1 Ortoforie 26
7.2 Heteroforie 26
7.2.1 Řešení heteroforie 27
7.3 Heterotropie 28
7.4 Cover test 30
8. Epidemiologie vergenčních vad 32
9. Použité metody 34
10. Experimentální část 37
11. Diskuze 45
12. Závěr 47
Seznam použité literatury 48
Seznam zkratek 50
Seznam obrázků 51

1. Úvod

Binokulární vidění je důležité pro vnímání našeho okolí, umožňuje nám vnímat prostor, odhadovat vzdálenosti, ale je významné i pro náš pohodlný život, jeho poruchy mohou totiž vést k různým nepříjemným symptomům a problémům. Proto by měli být praktici vyšetřující refrakci očí schopni rutinně vyšetřovat a diagnostikovat tyto problémy, orientovat se v dané problematice, určovat vhodné testovací metody a postupy a následně i navrhovat způsoby a možnosti jejich řešení. Vhodné by bylo propojení spolupráce všech odvětví, která se touto problematikou zabývají, např.: oftalmologové, ortoptisté, optometristé, optici aj. a vytvořit tak ideální péči o pacienta, kdy můžeme zkoumat všechny oblasti, příčiny a rozsah poruch a také je kvalitně řešit.

Zastoupení heteroforií je v populaci velice rozšířené jak do dálky, tak do blízka, ne všechny však způsobují problémy a ne všechny o sobě dávají vědět neustále. Často se projevují například při dlouhé práci do blízka, což je při současných požadavcích ve společnosti krizové, díky neustálému rozvoji různých elektronických zařízení, ať už klasických jako je mobil, tablet nebo notebook anebo těch méně klasických jako jsou například Xboxy, které umožňují hraní sportovních aktivit doma, bohužel ani při těchto aktivitách nestojíme před obrazovkou v dostatečné vzdálenosti, abychom plně a průběžně uvolňovaly akomodaci a konvergenci. Na akomodačně konvergentní aparát jsou tak kladeny veliké nároky po celý den.

1.1 Cíle práce

Práce by měla přispět k lepší orientaci v dané problematice a jejímu lepšímu porozumění. Podáním informací o primární spolupráci očí, o významnosti volné pohyblivosti bulbů ve všech směrech a o důležitosti správného fungování akomodačně konvergentního mechanismu. Dále uvedením přehledu akomodačních a vergenčních poruch a popisem stavů ortoforie, heteroforie a heterotropie. A v neposlední řadě udáním hodnot rozšíření různých vergenčních dysfunkcí a porovnáním informací z různých knih, studií a článků zaměřujících se na toto téma.

Dalším z cílů práce je zpracování výsledků experimentu, který se zaměřuje na výskyt vergenčních poruch na FBMI ČVUT v řadách studentů. Dále má za úkol zjistit zastoupení kompenzovaných a dekompenzovaných heteroforií a jednotlivých typů forií a tato zjištěná data porovnat s všeobecně známými fakty uváděnými v odborné literatuře.

1.1.1 Hypotézy

Pro experiment bylo stanoveno několik hypotéz.

- Hypotéza č. 1: Obecně známá fakta o heteroforii budou aplikovatelná i na užší okruh lidí. Tzn. tyto body se nebudou výrazně lišit: procentuální rozdělení na ortoforiky a heterofiky, procentuální rozdělení heteroforií na kompenzované a dekompenzované, heteroforií do blízka bude více než do dálky.
- Hypotéza č. 2: U hypermetropů bude převažovat esoforie a u myopů naopak exoforie.
- Hypotéza č. 3: Nejvíce heteroforií bude detekováno Madox rod testem na dálku i do blízka.

2. Anatomie zrakového orgánu

Zrakový orgán rozdělujeme na 3 části. Část senzorickou obsahující periferní složku, zrakovou dráhu a zrakové centrum mozkové kůry, část motorickou tvořenou okohybnými svaly, okohybnými nervy a jejich jádry a motorickými centry mozkové kůry a poslední část tvořenou přídatnými orgány oka. V této práci bude uveden popis prvních dvou částí, jejichž znalost je podstatná pro klasifikaci a pochopení refrakčních a vergenčních poruch. [1]

2.1 Senzorická část

Část smyslová nebo také zrakově smyslová je rozdělena do třech částí. Do části periferní spadá celá lomivá soustava oka. [1]

2.1.1 Periferní složka

Bulbus oculi (oční koule) jehož předozadní průměr činí 24-26 mm, má přibližně kulovitý tvar. Má dva různé poloměry křivosti. Menší, přední segment má poloměr zakřivení 7-8 mm, zadní segment má poloměr zakřivení 11-12 mm. Bulbus je tvořen stěnou oční koule a obsahem oční koule. Stěna oční koule se skládá ze tří vrstev. Zevní vazivová vrstva je tvořena bělimou a rohovkou, prostřední vrstva, do které patří řasnaté tělísko, cévnatka, a duhovka a vnitřní vrstva tvořena sítnicí. Obsah oční koule tvoří čočka, sklivec a oční komory obsahující komorový mok. Oko je optická soustava tvořená z rohovky, komorové vody, oční čočky a sklivce. [2, 3]

Bělima: Jedná se o pevnou, tuhou vazivovou blánu chránící hlubší oddíly bulbu. Tvoří oporu pro připojující se šlachy okohybných svalů. V přední části je kruhový otvor o průměru 12 mm, do nějž zapadá rohovka. V zadním úseku oka je dírková ploténka, kterou z oka vystupují vlákna zrakového nervu a vstupují centrální sítnicová artérie a véna. [2]

Rohovka: Část vazivové vrstvy uzavírající přední kruhový otvor bělimy. Je nejcitlivější částí lidského těla díky bohaté inervaci. Pravidelná struktura rohovky umožňuje vysokou transparentnost. Zdravá rohovka rozptyluje pouze 1% procházejícího světla. Jak uvádí Rabbetts (2007), optická mohutnost rohovky činí +43 dioptrií (více než dvě třetiny optické mohutnosti oka). Index lomu rohovky činí 1,376. [2, 3, 4]

Řasnaté tělísko: Zřasený prstenec, jehož zadní okraj přechází do cévnatky, přední okraj se napojuje na duhovku. K řasnatému tělísku jsou napojena vlákna závěsného aparátu čočky. Hladké svalové buňky tvoří musculus ciliaris, který svými stahy ovlivňuje závěsný aparát čočky. Pružnost aparátu umožňuje akomodaci (změnu optické mohutnosti) čočky. Další funkcí je vylučování komorového moku do zadní oční komory. [2]

Cévnatka: Hlavní funkcí je výživa oka a především sítnice díky četným cévám. Vysoký obsah pigmentu brání odrazům a přesvětlení oka, tvoří tzv. tmavou komoru. [2]

Duhovka: Tvar mezikruží, jehož kruhový otvor uprostřed se nazývá zornice. Průměr zornice je ovládán rozvěračem a svěračem zornice (hladkými svaly), ovlivňuje množství světla vstupujícího do oka. Duhovka zabraňuje osvětlení oka a odděluje přední a zadní komoru. [2]

Sítnice: Utváří vnitřní vrstvu oka, která je zrakovou dráhou napojena na mozek. Místo výstupu zrakového nervu se nazývá papila zrakového nervu, v tomto místě se nenachází vrstva světločivných receptorů, jde o slepé místo, ze kterého vystupují do sítnice artérie a véna centralis retinae. Místo nejostřejšího vidění sítnice je žlutá skvrna, obsahující největší množství čípků (světločivných receptorů, umožňujících vnímat barvy). Druhým typem receptorů jsou tyčinky, díky kterým rozlišujeme světlo a tmu. [2, 5, 6]

Čočka: Součást optického aparátu oka. Bezcévná, průhledná, neinervovaná tkáň bikonvexního tvaru spojné čočky. Díky závěsnému aparátu je schopna měnit svou optickou mohutnost, tato schopnost se nazývá akomodace. V neakomodovaném stavu má čočka kolem + 20 dioptrií. Index lomu je 1,406. [2, 3]

Sklivec: Čirá, bezcévná, neinervovaná hmota vyplňující prostor mezi čočkou a sítnicí. Index lomu se rovná 1,336. [6]

Oční komory: Přední komora tvoří prostor mezi přední plochou duhovky, zadní plochou rohovky a čočkou. Zadní oční komora je prostor mezi zadní plochou duhovky, čočkou, sklivcem a výběžky řasnatého tělesa. Komory jsou propojeny zornicí, kudy protéká komorová tekutina vyživující čočku a rohovku. Komorový mok udržuje nitrooční tlak a je součástí optického systému oka. Jeho index lomu je 1,336 [5, 6]

2.1.2 Zraková dráha

Napojuje oko na zrakové centrum. Je tvořena čtyřmi neurony. První neuron je tvořen fotoreceptory, zachycují světelné podněty a jejich vodivá část je předává druhému neuronu. Ten utváří bipolární neurony, část vede informace z čípků a část z tyčinek. Třetí neuron představují multipolární neurony, které se za bulbem spojují v optický nerv. Oba zrakové nervy se kříží v chiasma opticum, kde dochází k překřížení vláken z nazálních polovin sítnice, vlákna z temporálních polovin zůstávají nezkřížená. Dále pokračují jako tractus opticus do corpus geniculatum laterale (CGL) v talamu, ten je „zastávkou“ pro rychlé vedení pohybových podnětů ke kůře, dále zpracovává barvy a tvary. Čtvrtým neuronem jsou neurony CGL,

které cestou radiatio optica vede k primární zrakové kůře a k dalším okcipitálním polím zrakové kůry. [2, 7, 8]

2.1.3 Zrakové centrum mozkové kůry

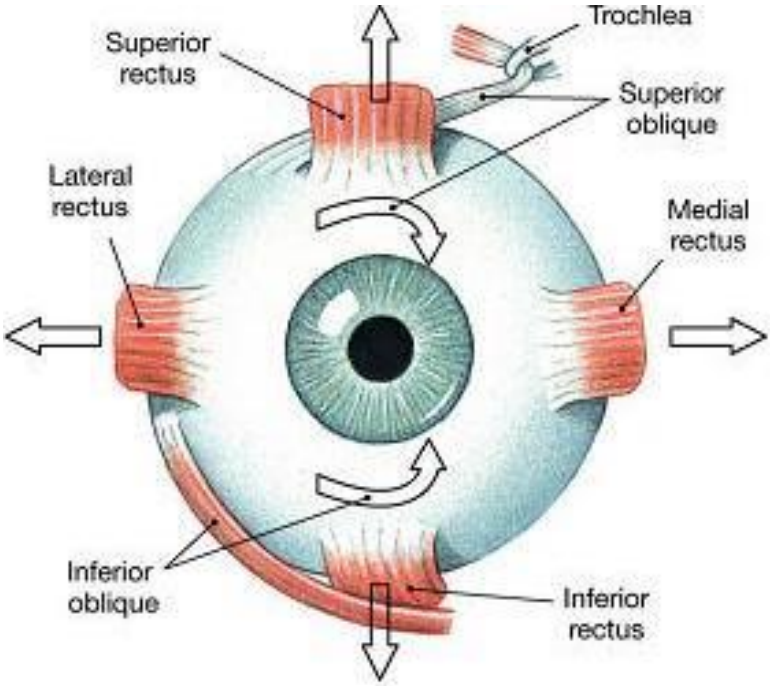
Primární zraková kůra v oddělených informačních kanálech zpracovává barvu, tvar, pohyb a stereoskopickou hloubku. Odstředivé spoje míří do sekundárních zrakových korových oblastí a do frontálního motorického pole. Asociační zraková oblast v kůře týlního laloku, která přiléhá k primární zrakové kůře, porovnává okamžité vidění se zrakovou pamětí, uceleně hodnotí zrakový vjem a je také řídícím centrem pro mimovolní a konvergentní pohyby bulbů. [2, 7]

2.2 Motorická část

Podobně jako u senzorické části je složen z okohybných svalů, okohybných nervů a jejich jader a z motorických center mozkové kůry, nervový vzruch se pohybuje směrem od motorických center k okohybným svalům. [1]

2.2.1 Okohybné svaly

Zprostředkovávají dokonalou součinnost pohybů bulbů. Každé oko má 4 svaly přímé a dva šikmé (viz. Obrázek 2.1). Přímé svaly rozlišujeme na: horní, dolní, vnitřní, zevní a šikmé svaly na: horní a dolní. Přímé svaly se upínají svými úpony v hrotu očnice. Míří směrem kupředu a u čísel 3, 6, 9 a 12 se pomocí šlachy upínají na bělimu 4-6 mm za sklerokorneálním (bělimo-rohovkovým) přechodem. Úpony šlach se nenachází ve stejné vzdálenosti od přechodu rohovky v bělimu. Jsou uspořádány do tzv. Tillauxovy spirály, přičemž nejblíže přechodu je upnut vnitřní přímý sval. Šikmý sval horní se také upíná v hrotu očnice, kupředu prochází mezi horním a vnitřním přímým svalem, na nosní kůstce se stává šlachou a uhýbá zevně a dozadu pod horním přímým svalem. Jeho úpon se pak nachází na horním zevním kvadrantu oka. Dolní šikmý sval má na rozdíl od ostatních okohybných svalů počátek na dolní vnitřní straně očnice a jde dozadu a mediálně, prochází pod přímým dolním svalem a končí úponem za ekvátorem v dolním laterálním kvadrantu. [1, 2, 5]



Obrázek 2. 1: Anatomie okohybných svalů

Zdroj: https://cz.pinterest.com/pin/380061656046085377/?autologin=true

Každý ze svalů má svého stejnostranného antagonistu (protichůdce), který otáčí okem na opačnou stranu. Dále má druhostranného synergistu (tzv. spřažený sval), tyto svaly pohybují očima do určitého pohledového směru a také mají druhostranného antagonistu. Součinnost párových svalů popisují dva hlavní zákony pro motorickou činnost, a to Sherringtonův a Heringův. Zákon Sherringtonův říká, že pohyb očí je možný tehdy, jeli stah agonistů zároveň doprovázen útlumem antagonistů. Heringův zákon se zabývá stranově symetrickou inervací synergistů (inervační impulz je mezi oba synergisty rovnoměrně rozdělen). [1, 9]

2.2.2 Okohybné nervy a jejich jádra

Na inervaci okohybných svalů se podílí 3 hlavové nervy: N. oculomotorius (n. III.), N. trochlearis (n. IV.), N. abducens (n. IV.). Horní šikmý sval je řízen čtvrtým hlavovým nervem, šestý hlavový nerv inervuje zevní přímý sval, ostatní svaly jsou ovládány třetím hlavovým nervem N. oculomotoriem, jehož jádra jsou uložena v horní části středního mozku, jádra n. IV. jsou umístěna v dolní části středního mozku a jádra n. IV. se nacházejí na spodině čtvrté mozkové komory. Všechna motorická jádra jsou navzájem propojena prostřednictvím vláken do tzv. podélného svazečku. [1, 2, 3, 5]

2.2.3 Motorická centra mozkové kůry

Centra, ve kterých vznikají nervové impulsy, jsou párová. Vzruchy z těchto center jsou impulzem pro binokulární párové pohyby. Volní pohyby bulbů jsou ovládány centrem v dolní části frontálního laloku. Zrakově podmíněné pohyby, kam se řadí reflexy jako konvergence, akomodace, fúze, fixace, refixace a reflex mrkací, jsou řízeny centrem v týlním laloku. Oči vykonávají stabilizační pohyby při změnách polohy hlavy a těla. Tyto pohyby nazýváme jako statokinetické reflexy a jejich řídícím centrem je vestibulární aparát. [1, 2]

3. Oční pohyby a motilita bulbu

Díky motorické části zrakového aparátu jsme schopni stáčet oči do různých směrů mimo primární postavení, mezi funkce motility také patří zajištění fixace pohledu a zachování jednoduchého binokulárního vidění ve všech pohledových směrech a vzdálenostech v klidu i v pohybu předmětu i pozorovatele. [9, 10]

3.1 Hlavní postavení bulbů

Primární postavení: hlava je zpříma bez natočení, bulby postaveny do pozice kdy hledí rovně vpřed. Mohou z tohoto postavení pohybovat očima horizontálně nebo vertikálně, aniž by došlo k torzi očí. [10]

Sekundární postavení: veškerá postavení, která jsou uskutečněna vertikálním nebo horizontálním směrem od primárního postavení. Pohyby toto uskutečňující se nazývají základní (kardinální) pohyby, bez přítomnosti torze. [10]

Terciární postavení: ostatní pozice, které jsou výsledkem společného působení kardinálních pohybů vertikálně a horizontálně. [10]

3.2 Otočný bod bulbu

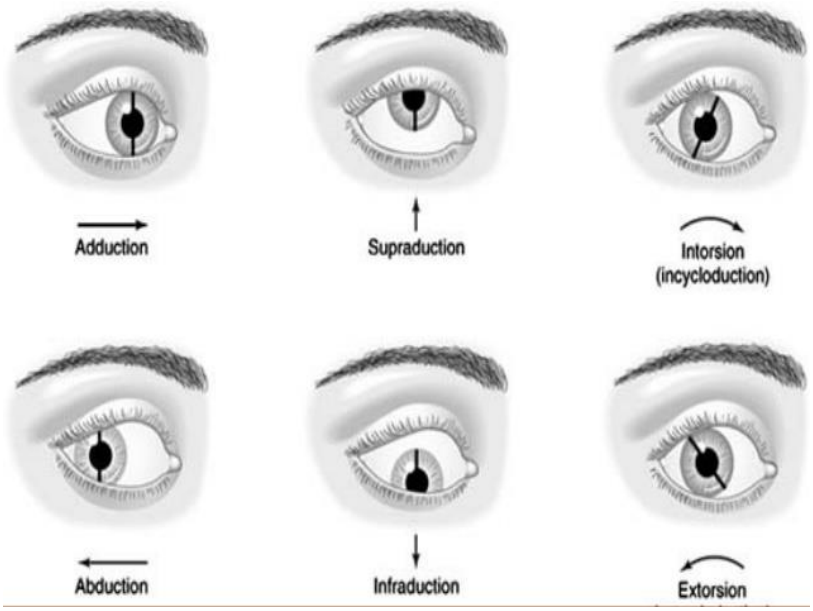
Otočný bod bulbu je průsečíkem hlavních os rotace, ty jsou tři a označují se též jako Fickovy osy: horizontální, vertikální a předozadní (sagitální). Slouží jako centrum rotace všech pohybů oka (rotační střed). Za stavu emetropie se nachází asi 13-14 mm za vrcholem rohovky, nejedná se tedy o středový bod svislé anatomické osy oka (ta je umístěna cca 1,3 mm za ním). [10]

3.3 Oční pohyby

Pohyby se dělí na monokulární (dukce) a binokulární (verze a vergence). [4]

3.3.1 Monokulární pohyby

Rotace jednoho oka jsou známy jako dukce. Jde o pohyby jdoucí kolem jedné z Fickových os. Abdukce je pohyb bulbu temporálně a addukce nazálně, oba pohyby se uskutečňují kolem vertikální osy. Supradukce je rotace směrem nahoru, infradukce dolů a tyto pohyby se dějí kolem osy horizontální. Extorze je definována jako rotace dvanáctého meridiánu rohovky temporálně a intorze je rotace dvanáctého meridiánu rohovky nazálně, oba pohyby se uskutečňují okolo předozadní Fickovy osy (viz. Obrázek 3.1). [11]



Obrázek 3. 1: Monokulární pohyby oka

Zdroj: https://www.slideshare.net/dheeg/eye-muscles-and-ocular-movements-laws-of-ocular-motility-58140348

3.3.2 Binokulární pohyby

Pokud se pohybují obě oči spolu (binokulární pohyb) a úhel mezi vizuálními osami zůstává stejný, pak se pohyb nazývá konjugovaný neboli verze. Dextroverze je pohyb doprava, sinistroverze pohyb doleva. Elevace (zdvih) obou očí se nazývá supraverze a deprese (sklonění pohledu) infraverze. Dextrocykloverze je rotace dvanáctého meridiánu rohovky doprava a sinistrocykloverze naopak doleva. [11, 12]

Pokud se při fixaci vizuální osy rozbíhají nebo naopak sbíhají, pak se jedná o nesouhlasný (disjungovaný) pohyb neboli vergenci, pomáhá vidění v různých vzdálenostech. Jedná-li se o fixaci přibližujícího se předmětu a pohledové osy se sbíhají, pak jde o konvergenci. Při oddalování předmětu se osy naopak rozbíhají, jedná se o divergenci. [9]

3.4 Základní pohledové mechanismy

Základní pohledové mechanismy se uplatňují u všech očních pohybů. Každý mechanismus má svou přesnou funkci. *Volní pohyby* jsou pohyby uskutečňovány myšlenkově, na základě mentální asociace, chybí optický podnět. *Zrakem podmíněné pohyby* se uplatňují, pokud se obraz předmětu zobrazuje mimo foveolu, pak ho do centra foveoly přesouvají (jedná se

o fixační reflex). *Sledovací pohyby* pomáhají udržet fixaci pohybujícího se předmětu, nejsou ovladatelné vůlí. *Vergenční systém* kontroluje umístění zorných os, ty musí být v takovém postavení, aby se obraz pozorovaných předmětů zobrazil na korespondující místa sítnice. *Vestibulookulární systém* pomáhá s koordinací očí s postavením a pohyby hlavy a těla. *Sakády* jsou konjugované pohyby (verze), kterými oči uskutečňují zaměřování a pozorování pohybujícího se předmětu tak, aby se předmět stále zobrazoval ostře tzn. zobrazoval se do foveoly, jedná se o velmi rychlé oční pohyby. [2, 9, 12]

Vyšetření motility může být provedeno jednoduchým testem, kdy jedinec fixuje předmět ve vzdálenosti 40 cm, vyšetřující s předmětem pohybuje do všech devíti základních pohledových směrů, jedinec musí pohyb tužky sledovat pouze pohybem očí, nikoli hlavou. Vyšetřující hodnotí pohyb očí ve všech devíti směrech. [13]

4. Binokulární vidění

Binokulární vidění je schopnost očí spolupracovat a tvořit jednoduchý, ne dvojitý obraz sledovaného předmětu. Díky němu jsme schopni prostorového vnímání okolí, ve kterém se nacházíme. Abychom toho byli schopni, musí dojít ke správnému vývoji senzomotorické spolupráce očí, k vývoji jednoduchého binokulárního vidění. [1]

4.1 Jednoduché binokulární vidění

Jednoduché binokulární vidění není součástí schopností, se kterými se narodíme. Do 2 měsíců po porodu má dítě schopnost monokulárního fixačního reflexu, tzn. jedno oko fixuje a druhé může být ve stavu, jež se nazývá strabismus spurius (fyziologické šilhání). Ve 2. měsíci začíná společná fixace obou očí najednou neboli binokulární fixační reflex. Ve 3. měsíci je dítě schopno změny vzdálenosti pohledových os (konvergence, divergence). Ve 4. měsíci již dovede akomodovat. V 6. měsíci dochází k vývoji fúze. Do 1 roku se upevňuje binokulární vidění, vztah mezi akomodací a konvergencí a rozvíjí se prostorové vidění. Do věku 6 let se binokulární vidění stabilizuje. Pokud nějaký faktor vývoj naruší, pak nastává vývoj patologický. Tehdy dochází ke vzniku strabismu, amblyopie a anomální retinální korespondence. [1]

Existují podmínky, které musí být splněny, aby mohlo dojít ke správnému vývoji binokulárního vidění. Jedná se o podmínky motorické: přibližně paralelní postavení bulbů při pohledu do nekonečna, volná pohyblivost bulbů ve všech směrech a spolupráce akomodace a konvergence. Dále se jedná o podmínky senzorické: normální vidění obou bulbů, stejná velikost sítnicových obrazů, schopnost fúze (a dostatečně vyvinutý fúzní aparát), normální retinální korespondence a centrální fixace obou očí. [10, 1]

Jednoduché binokulární vidění má tři stupně. Toto rozdělení bylo vytvořeno hlavně pro vyšetření na troposkopu. Jednotlivé stupně se nazývají superpozice, fúze a stereopse:

- ***Superpozice*** – jedná se o nejnižší stupeň jednoduchého binokulárního vidění. Díky superpozici jsme schopni vnímat sítnicemi obou bulbů současně. V troposkopu předkládáme 2 obrázky, každý je jiný, mělo by dojít k překryvu obrázků a vytvoření celistvého vjemu např.: lev v kleci. [1, 10]
- ***Fúze*** – umožňuje spojení obrazů pravého a levého oka v jeden centrální vjem. Fúzi rozdělujeme buď na senzorickou a motorickou anebo na fúzi paramakulární, makulární

a foveolární. Senzorická fúze je vytvoření jednoduchého vjemu ze dvou bez pohybu bulbů. Motorická naopak využívá pohybu bulbů, aby se zrakové osy protnuly ve fixovaném bodu, je hlavním důvodem schopnosti senzomotorické koordinace očí. Další typ dělení ji rozděluje podle šíře rozsahu, kterým spojuje obrazy. Paramakulární (nebo také periferní) spojuje obrazy větší oblastí než makula, makulární pak oblastí makuly a foveolární, nejhodnotnější z nich, spojuje oblastí fovey. [1, 10]

− důležitá je šířka schopnosti fúze, která vymezuje oblast konvergence, divergence a výšky, ve kterých je jedinec ještě schopen udržet jednoduchý vjem a spojení obrazů. Jako normální se udává kladná šířka fúze (konvergence) až 30°, záporná šířka (divergence) až 8° a vertikálně 3°. Čím je šířka fúze větší, tím je fúze silnější. [1, 10]

- ***Stereopse*** – umožňuje vytvoření prostorového (hloubkového) vjemu, děje se tak spojením obrazů, jež dopadají na lehce disparátní body na sítnici. Jsme schopni vnímat trojrozměrně. [1, 10]

4.1.1 Poruchy jednoduchého binokulárního vidění

Poruchy nastávající při vývoji binokulárního vidění mají za následek vznik adaptačních mechanismů. Ztráta rovnovážného postavení bulbů (motorická část) má za následek šilhání, tuto ztrátu následuje porucha senzorická, tu je možno spíše nazvat ochranným mechanismem před dvojitým viděním (diplopií), které by za těchto podmínek vzniklo. Tyto senzorické změny mají za následek útlum vnímání, nebo patologickou kooperaci bulbů. [9]

- ***Suprese*** – jedná se o proces zamezující vstupu informací ze šilhajícího oka do zrakových center. Tento útlum se ve většině případů netýká celé sítnice, ale platí jen pro některou oblast nebo více oblastí, které pak utváří útlumové skotomy. Při dlouhotrvajícím útlumu se tento stav fixuje a vzniká amblyopie. [1, 9]
- ***Amblyopie*** - neboli tupozrakost. Zraková ostrost je snížená i přes nejlepší sférické vykorigování a není přítomna zřejmá oční abnormalita. Může být unilaterální i bilaterální. Důležitý je okamžik vzniku amblyopie, pokud k němu dojde ještě před narozením, pak se jedná o amblyopii kongenitální, není léčitelná. Pokud k poruše dojde během vývoje zraku, pak vzniká amblyopie anizometropická, strabická, nebo ametropická. Jedná se o napravitelné vady. Při vzniku amblyopie po ukončení zrakového vývoje vzniká tupozrakost deprivační (jedná se např. o okluzní změny) a je též léčitelná. [9, 11]

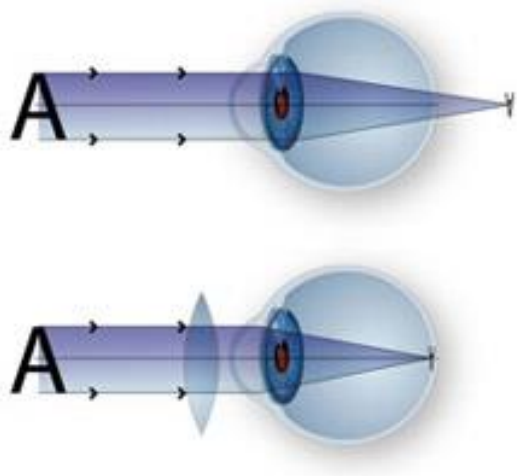
- ***Anomální retinální korespondence*** – jedná se o senzorické přizpůsobení motorické odchylce. Při této anomálii foveola uchýleného bulbu nespolupracuje s foveolou bulbu fixujícího, s tou poté koresponduje jiné místo v periferii sítnice. Po dobu vnímání oběma očima se ostatní místa sítnice přizpůsobí nově vzniklému centru. Jakmile vyřadíme z funkce oko normálně fixující, pak uchýlené oko začne opět fixovat foveolou. [10]

5. Refrakční vady

Stanovující hodnotou pro refrakci oka je poměr mezi lomivostí optických prostředí a předozadní délkou bulbu. Pokud se po průchodu optickým systémem setkávají paprsky na sítnici, pak jde o normálně vidící emetropické oko. Při narušení tohoto poměru vzniká ametropie (refrakční vada), paprsky se v takovém případě sbíhají mimo sítnici. Rozdělujeme tři hlavní typy ametropií: hypermetropii, myopii a astigmatismus. V průběhu existence procházíme několika trendy vývoje oční refrakce. První pozorujeme mezi narozením a 8. rokem, kdy bulby hypermetropizují, tato fáze je vystřídána myopizací, která trvá zhruba do 20. roku života. Po této fázi sledujeme opětovný nástup hypermetropizace ve věku mezi 50. a 65. rokem. Vývoj ukončuje druhá myopizační fáze po 65. roce. Existuje vztah mezi refrakčními vadami a šilháním. V roce 1864 uvedl Donders ve své práci, že hypermetropie podmiňuje konvergentní šilhání a myopie divergentní. [1, 5, 10, 14]

5.1 Hypermetropie

Hypermetropie (dalekozrakost) je vada, kdy paprsky nedopadají na sítnici, ale setkávají se za ní (viz. Obrázek 5.1). Důvodů může být několik. Axiální (osová) dalekozrakost je způsobena menší předozadní délkou bulbu (změna o 1 mm způsobí změnu zhruba o 3 dioptrie), křivková dalekozrakost nedostačujícím zakřivením některého z lomivých částí bulbu, snížením indexu lomu tkání bulbu vzniká indexová hypermetropie. Dalekozraké oko není bez dodatečné akomodace schopno vidět ostře na delší ani bližší vzdálenosti. [5, 14]



Obrázek 5. 1: Hypermetropické oko bez korekce a s korekcí

Zdroj: http://www.ocnioptika.com/33-Ocni-vady-hypermetropie.html

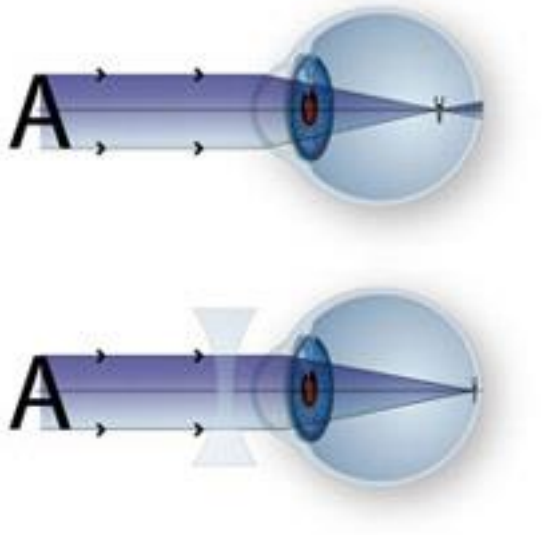
Celková hypermetropie má dvě části:

- Latentní – je překonána fyziologickým napětím ciliárního svalu
- Manifestní – dělí se na část fakultativní a absolutní. Fakultativní je obsáhnutelná navýšením akomodačního úsilí, naopak absolutní složku nelze kompenzovat akomodací. [14]

Mezi problémy způsobeny hypermetropií patří kromě zhoršeného zraku i astenopické potíže jako bolesti hlavy, bulbů, slzení aj. Míra obtíží závisí na stupni vady a na akomodační schopnosti. Pro korekci dalekozrakosti se používá spojné čočky. [1, 10]

5.2 Myopie

Myopie (krátkozrakost) bývá často způsobena zvýšenou předozadní délkou bulbu (axiální myopie), méně často pak větším zakřivením některé z lomivých ploch bulbu (křivková myopie) nebo vyšším indexem lomu tkání bulbu (indexová myopie). Paprsky dopadají před sítnici (viz. Obrázek 5.2). Myopický bulbus vidí dobře na bližší vzdálenosti, ale špatně na ty vzdálenější. Dle počtu dioptrií dělíme krátkozrakost na lehkou (do -3,0 dioptrií), střední (do -6,0 dioptrií) a vysokou (nad -6,0 dioptrií). Pro korekci krátkozrakosti se používá čočky rozptylné. [1, 10, 14]



Obrázek 5. 2: Myopické oko bez korekce a s korekcí

Zdroj: http://www.ocnioptika.com/78-Ocni-vady-myopie.html

5.3 Astigmatismus

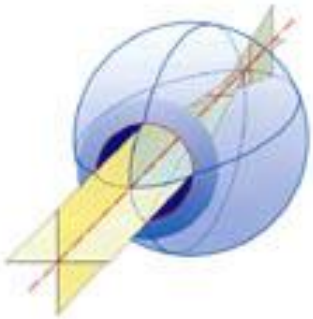
Astigmatismus je vada nejčastěji způsobena anomálním zakřivením rohovky, méně často čočky nebo očního pozadí. Optický lomivý aparát bulbu má v různých meridiánech různou optickou mohutnost.

Rozlišujeme astigmatismus pravidelný a nepravidelný.

5.3.1 Pravidelný astigmatismus

Tento typ astigmatismu charakterizuje kolmé postavení obou hlavních meridiánů (jedná se o meridiány s maximální a minimální lomivostí), (viz. Obrázek 5.3). Pokud, je více lomivý meridián vertikální, pak jde o astigmatismus podle pravidla, pokud je naopak více lomivý horizontální meridián, jde o astigmatismus proti pravidlu. Poslední variantou je astigmatismus šikmých os. Pravidelný astigmatismus lze dále dělit na:

- Jednoduchý – jeden z meridiánů je emetropický, druhý má vadu myopickou nebo hypermetropickou
- Složený – oba hlavní meridiány mají stejnou vadu myopickou či hypermetropickou
- Smíšený – jeden meridián je myopický, druhý pak hypermetropický [1]



Obrázek 5. 3: Pravidelný astigmatismus

Zdroj: http://www.ocnioptika.com/34-Ocni-vady-astigmatismus.html

Pro korekci pravidelného astigmatismu se využívá sférocylindrických čoček, které mají ve dvou hlavních a na sebe kolmých řezech jiné dioptrické hodnoty (v jednom řezu maximální a v druhém minimální). [10]

5.3.2 Nepravidelný astigmatismus

Tento typ astigmatismu má v různých meridiánech různou lomivost, dva hlavní meridiány na sebe nemusí být kolmé. Je charakteristický pro keratokonus (anomální kuželovité vyklenutí rohovky, které se progresivně zhoršuje). [1]

6. Akomodace a konvergence oka

Akomodace a konvergence oka jsou dva úzce související a na sobě závislé mechanismy. Ve skutečnosti se jedná o synkinezi 3 mechanismů při pohledu do blízka: akomodace, konvergence a zúžení zornic neboli mióza, díky které se zvýší ostrost vidění. Akomodace (viz kap. 2) zajišťuje ostrost obrazu při pohledu do blízka (za předpokladu emetropického oka) a konvergence (viz kap. 3) zastává funkci sbíhání pohledových os tak, že paprsek dopadá v obou očích na foveolu. Je označována jako symetrická, pokud pozorovaný předmět leží ve střední rovině. [1, 5]

Rozlišujeme konvergenci volní, kterou ovládáme myslí a konvergenci reflexní, ta má čtyři části. První, tonická umožňuje udržet bulby v klidovém postavení na základě nervových signálů, druhá je značená jako AC (akomodační konvergence), pokud je vyvolána některým předmětem akomodace, pak je vyvolána i konvergence, fúzní konvergence pak staví pohledové osy bulbů do takové pozice, aby byla umožněna fúze, poslední je proximální konvergence, která je ovlivněna uvědoměním si blízkého objektu. [1, 5]

6.1 Blízký bod akomodace a konvergence

Blízký bod akomodace a konvergence jsou hodnoty, které nám umožňují lépe zhodnotit stav zrakového aparátu člověka.

- *Blízký bod akomodace* – latinsky punctum proximum. Jedná se o nejbližší bod, který jsme ještě schopni vidět ostře. Jeho vzdálenost můžeme změřit například, pokud vezmeme předmět, na který klient fixuje, a v úrovni jeho očí předmět přibližujeme. V místě těsně před rozmazáním se nachází blízký bod akomodace. Jedná se o bod, na který se díváme s maximální akomodací. Měří se monokulárně i binokulárně a jeho poloha nezůstává stejná, ale s rostoucím věkem se nachází dále od oka. Měla by být vyšetřována se správnou korekcí, blízký bod akomodace může být u hypermetropa za okem, tudíž by nebylo bez korekce možno tento bod zjistit. [14]

- *Blízký bod konvergence* – jedná se o vzdálenost, kdy bulby ještě konvergují a objekt je stále viděn jednoduše. Měříme, stejně jako blízký bod akomodace, přibližováním předmětu, ale měření provádíme pouze binokulárně. Předmět přibližujeme cca ze vzdálenosti 50 cm v úrovni očí, klient nám hlásí rozdvojení předmětu a/nebo pozorujeme, že jedno oko klienta

přestalo konvergovat a ztratilo fixaci. U dospělé osoby bývá tento bod ve vzdálenosti 8 cm před bulbem. [5, 15]

6.2 AC/A poměr

Účelem zjišťování AC/A poměru je determinování změny akomodační konvergence, když klient akomoduje, nebo naopak akomodaci uvolňuje. Existují dvě metody získání hodnoty tohoto poměru. [16]

První metoda je početní. Podle vzorce (1) Scheimana a Wicka (2014):

$$\frac{AC}{A} = IPD(cm) + NFD(m) \times (Hn - Hf) \quad (1)$$

kde IPD značí pupilární distanci v centimetrech, NFD označuje vzdálenost blízkého bodu fixace v metrech, Hn je forie do blízka a Hf forie do dálky, přičemž esoforie má znaménko plus a exoforie mínus. Je pravidlem, že vyšší výsledek se bude objevovat u vyšších eso odchylek a nižších exo odchylek do blízka a k nižšímu výsledku povedou nižší eso odchylka, nebo větší exo odchylka do blízka. [16]

Druhá metoda je metoda gradientní. Určuje se změřením forie do blízka a poté se změří forie na stejném testu při předložení čočky s dioptrickou hodnotou -1,0. Změna v hodnotě forie je hodnota AC/A poměru. Například pokud je do blízka esoforie s hodnotou 2 prizmatické dioptrie a po předložení čočky -1,0 dioptrie se z ní stane esoforie s hodnotou 7, pak je výsledná hodnota AC/A poměru 5:1. [16]

Početní metodou zjistíme obvykle vyšší hodnoty než metodou gradientní. Je tomu tak kvůli efektu proximální konvergence, která ovlivňuje měření forie do blízka a kvůli zaostávající akomodaci, rozdílem mezi stimulem (na 40 cm je požadavek na akomodaci cca 2,5 dioptrie) a odpovědí na stimulus, která bude obecně o 10% nižší než stimulus. [16]

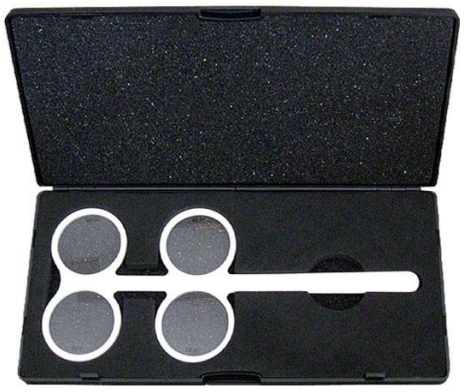
6.3 Akomodační a vergenční facilita

Facilita je schopnost, dovednost nebo také snadnost. Akomodační a vergenční facilita slouží k lepšímu určení senzorického a motorického statusu. [16]

- *Akomodační facilita* – je schopnost rapidně a opakovaně měnit akomodaci. Účelem měření akomodační facility je zhodnocení výdrže, odolnosti a dynamiky akomodační odpovědi. Může být testována jak monokulárně (MAF) tak binokulárně (BAF). Ovšem významnější je pro nás, při zjišťování binokulárních funkcí, varianta binokulární. Binokulární metodou

můžeme zhodnotit interakce mezi akomodací a vergencí, nejedná se čistě o měření akomodační facility. Klient je stimulován k akomodaci a zároveň k akomodační konvergenci, ztrácí binokularitu, do té doby než provede kompenzaci. [15, 16]

- K měření potřebujeme fixační předmět, který zamezí supresi, to splňuje Bernellův vektogram č. 9, za předpokladu použití polarizačních brýlí a tzv. flippery (viz. Obrázek 6.1), které se skládají z páru plusových čoček stejné dioptrické hodnoty a páru mínusových čoček stejné dioptrické hodnoty (např. ± 2,0 dioptrie). Pokud klient nosí brýle na blízko, měl by je použít. Začínáme předložením plusových čoček. Klienta instruujeme, aby se po každém předložení čoček snažil co nejrychleji čtecí tabulku zaostřit tak, aby byla plně ostrá a jednoduchá, když se tak stane, musí klient říct „teď". To je pokyn pro vyšetřujícího k otočení flipperu. Vyšetřující takto flipper otáčí po dobu jedné minuty a počítá množství cyklů, které klient dokázal zakomodovat. Jeden cyklus se rovná změně akomodace plusové i mínusové strany flipperu. Zaznamenáváme si, i pokud je jedna strana flipperu těžší doostřit. U dětí do 12 let bychom měli používat flippery o dioptrické hodnotě ± 2,0 na vzdálenost 40 cm. Očekáváme 5 cyklů za minutu s odchylkou ± 2,5 cyklu. Od 13 let by se měla testovací vzdálenost i dioptrická hodnota flipperu upravit podle akomodační šíře. Testovací distance by se měla rovnat 45% vergence akomodační amplitudy a dioptrická hodnota 30%, např. pokud se akomodační amplituda rovná 5 dioptriím, pak je testovací vzdálenost 44,5 cm a dioptrická hodnota flipperů ± 0,75. Očekávané hodnoty jsou pak 10 cyklů ± 5. [16, 17]



Obrázek 6. 1: Flipper

Zdroj: http://www.optometrial.com/optical-plastic-flipper-with-case

- *Vergenční facilita* − je schopnost rapidně a opakovaně měnit konvergenci. Test měření vergenční facility je navrhnut tak, aby se dala zhodnotit dynamika fúzního vergenčního systému a schopnost reagovat na podnět. [15, 16]

  − K měření potřebujeme Guldenovu fixační tyčku a flipper, který je složený z páru prizmatických čoček, z nichž jedna má hodnotu 12 prizmat bází ven a druhá 3 prizmata bází dovnitř. Pokud klient nosí brýle do blízka, měl by je mít během měření nasazené. Tyčku držíme ve vzdálenosti 40 cm v úrovni očí. Klienta instruujeme, aby se díval na písmeno na tyčce, když před jeho oko umístíme flipper, uvidí písmeno dvojitě, musí se snažit vidět obraz čistě a jednoduše jak nejrychleji to jde, až se tak stane, řekne „teď". U tohoto testu nezávisí na pořadí předsazování prizmat. Počítáme počet cyklů, který klient zvládne zkonvergovat za 1 minutu. Jeden cyklus se rovná zkonvergování obou prizmatických čoček po sobě. Očekávané hodnoty jsou okolo 15 cyklů. [16, 17]

6.4 Fúzní rezervy

Měření fúzních rezerv je důležité pro zjištění binokulárního statusu. Udávají maximální množství, které oči dokážou konvergovat (pozitivní fúzní rezervy = PFR) a divergovat (negativní fúzní rezervy = NFR) při stálém udržení jednoduchého vjemu na dálku i na blízko. Rozsah, při kterém oční svaly ještě dokáží udržet vjem objektu čistý a jednoduchý. Měření probíhá s nasazenou korekcí na dálku i na blízko. Využívají se prizmatické lišty. Umístěním prizmatické lišty s bází temporálně před oči stimulujeme konvergenci, tím je zároveň stimulována i akomodace, ale ne v dostatečném množství. Tudíž před vznikem diplopie se obraz rozostří. Předložením prizmat bází nazálně jsou oči naopak nuceny divergovat. [15, 17]

Fúzní rezervy do dálky měříme na vzdálenost 6 m, do blízka je to pak 40 cm. Na optotypu zobrazíme písmeno o jeden řádek větší, než přečte horším okem, alternativou může být i vertikální linie písmen, do blízka použijeme např. Guldenovu fixační tyčku. Klient se stále musí dívat na dané písmeno. Jako první měříme horizontální fúzní rezervy. Strana báze by měla být zvolena tak, aby byla v opozici klientovo heteroforie, zajistí se tak, že výsledky nejsou modifikovány adaptací vergence. Pokud má klient exoforii, měla by být prve měřena PFR. [17]

Začíná se předložením nulové začínající pozice prizmatické lišty, postupně je prizma navyšováno. Pacient je požádán, aby ohlásil první znatelné rozostření, v tomto bodě se již nezvyšuje hodnota prizmat, klient je tázán, zda dokáže písmeno zaostřit, pokud ne, může být tato hodnota v prizmatech zaznamenána jako tzv. blur point neboli bod rozostření, pokud

klient hlásí rozdvojení namísto rozostření, pak se blur point zapíše jako X (blur point nenastal). Prizmata jsou v případě blur pointu opět navyšována a klient by měl hlásit rozdvojení obrazu. V obou případech je hodnota při rozdvojení zaznamenána jako tzv. break point neboli bod rozbití binokulárního vidění. V tomto bodě již oči nejsou schopny dostatečné motorické reakce pro překonání síly prizmatu. Opět se mírně zvýší hodnota prizmat, aby bylo potvrzeno rozbití obrazu. Poté se začíná pomalu snižovat, dokud nedojde k opětovnému spojení obrazu. Tento bod je zapsán jako tzv. recovery point neboli bod obnovy binokulárního vidění. V tento okamžik může být prizmatická lišta vrácena na nulovou hodnotu a odebrána. Měření se opakuje s opačnou orientací báze. [17]

Následně můžou být změřeny i vertikální fúzní rezervy. Opět se začíná nulovou hodnotou prizmatické lišty. Měří se s bázi orientovanou nahoru i dolu. Důležité je uvědomit si, že při měření vertikálních rezerv musí být přechod mezi jednotlivými hodnotami pomalejší než při měření horizontálních. Zaznamenává se pouze break point a recovery point, k rozostření nedochází. Podle Stidwilla (2010) se vertikální fúzní rezervy pohybují okolo 3 prizmatických dioptriích (pD) při měření bází nahoru i dolů. [17, 18]

Stidwill (2010) uvádí průměrné rozhraní hodnot fúzních rezerv do dálky. Jeho hodnoty se liší např. od těch, které uvádí Elliot (2007). Hodnoty uvedené v knihách obou autorů jsou zaznamenány v tabulce (Tabulka 6.1), hodnoty jsou udávány v pD. [17, 18]

Tabulka 6.1: Porovnání normo-hodnot fúzních rezerv

	Stidwill	**Elliot**
	Rozhraní FR do dálky (pD)	
PFR		
Blur point	7 až 11	12 až 16
Break point	15 až 23	18 až 22
Recovery point	8 až 12	14 až 18
NFR		
Blur point	X	X
Break point	5 až 9	6 až 12
Recovery point	3 až 5	4 až 8

Rozsahy fúzních rezerv označovaných jako normální, byly publikovány hned několikrát. Ne vždy se však shodují. Každému praktikovi je doporučeno, aby si opatřil v průběhu své praxe

vlastní průměrné hodnoty, které budou odpovídat technikám, kterými měří a jeho vybavení, které při měření používá. [17]

Mezi nejběžnější chyby v měření fúzních rezerv patří: měření klientů, kteří nedisponují binokulárním viděním na testovací vzdálenost, předpoklad, že můžeme testovat subjekty se supresí a strabující klienty, zvolení nevhodného fixačního objektu, který nedostatečně stimuluje akomodaci. [17]

6.5 Poruchy akomodace a vergence

Přes existující klasifikaci akomodačních a vergenčních poruch je mnoho subjektů, kteří přesně nepasují do specifické diagnostické kategorie. Subjekty s nejvýraznějšími symptomy mají poruchu ve více oblastech binokulárního vidění. Například může mít vergenční dysfunkci, kombinovanou se sekundárním akomodačním problémem. [19]

6.5.1 Akomodační dysfunkce

- *Insuficience akomodace* – Akomodativní insuficience je definována jako stav, kdy subjekt má potíže se stimulací akomodace. Tento stav je diagnostikován, pokud má subjekt menší akomodační amplitudu, než by měla být podle jeho věkové skupiny a příčinou není sklerotizace oční čočky. Pro výpočet nižší hranice akomodační šíře, která je očekávána u dané věkové skupiny existuje vzorec (2) uvedený autorem Taubem (2012):

$$AA(D) = 15 - (0{,}25 \times věk) \tag{2}$$

  Pacienti mohou mít problém s mínusovými čočkami při měření MAF a BAF. [16, 19, 20]
- *Akomodační ochablost* − Akomodační ochablost je stav, kdy má akomodační amplituda normální hodnoty, ale po opakované stimulaci akomodace se objeví unavenost. Problém s akomodováním mínusových čoček při měření MAF a BAF. [16, 19, 20]
- *Akomodační nesnadnost* − Akomodační nesnadnost charakterizuje pomalá změna akomodace, nebo výrazný rozdíl mezi podnětem k akomodaci a akomodační reakcí. Typický je problém při rychlém přefixovávání z dálky do blízka. Pro diagnostiku se nejčastěji používá test MAF a BAF, pacienti budou mít při tomto testu problém s mínusovými i plusovými čočkami. [16, 19, 20]
- Akomodační exces (spasmus) − Pacienti, kteří trpí excesem akomodace, mají obtíže s uvolňováním akomodace, proto mají větší problémy s plusovými hodnotami dioptrických skel, projevuje se to např. při měření MAF a BAF. [16, 19, 20]

- Paralýza akomodace – Paralýza akomodace je málo se vyskytující porucha, která znamená úplné selhání reakcí akomodace na stimulus. Může být způsobena cykloplegickými drogami, traumatem, okulárním nebo systémovým onemocněním, otravou atp. [19]

6.5.2 Vergenční dysfunkce

- *Insuficience konvergence* − Insuficience konvergence se projevuje vzdálenějším blízkým bodem konvergence, nízkým AC/A poměrem, exoforií do blízka, nižšími pozitivními fúzními rezervami, problémy s akomodací plusových dioptrických čoček při měření BAF. Někteří pacienti mají pouze některé z těchto příznaků. Častý je ovšem nález u pacientů s astenopickými obtížemi. [10, 16, 19]
- *Exces konvergence* − Pacient s excesem konvergence má esoforii do blízka nejméně o 3 pD větší než do dálky, vysoký AC/A poměr, nižší negativní fúzní rezervy a při měření BAF selhává s mínusovými čočkami. Nalezneme ho často u dětí, ale i u dospělých s nedostatečně korigovanou dalekozrakostí. [10, 16, 19]
- *Insuficience divergence* − Insuficienci divergence je primární a sekundární. Primární charakterizuje vyšší esoforie do dálky než do blízka. Pokud pacient disponuje dostatečnou fúzní divergencí, pak se neobjevují žádné obtíže. Naopak pokud je nedostatečná, pak je ohroženo binokulární vidění. Sekundární typ značí vyšší esoforii do blízka než do dálky, je potřeba fúzní divergence na dálku a ještě větší na blízko, a toho subjekt nebývá schopen. Pacienti mají obvykle nízký AC/A poměr a nízké negativní fúzní rezervy do dálky. [5, 16, 19]
- *Exces divergence* − Exces divergence může být klinicky popsán jako výrazně vyšší exoforie nebo exotropie do dálky než do blízka, rozdíl minimálně 10 pD. Na základě reakcí na okluzi jej rozdělujeme ještě na dvě podskupiny. U simulovaného excesu divergence dramaticky ovlivní vergenci, výrazně se zvýší úhel deviace do blízka a pouze nepatrně do dálky. Pravý exces divergence okluze neovlivňuje. Exces divergence se vyznačuje vysokým AC/A poměrem, nízkými PFR do dálky a nízkými NFR do blízka. [16, 19]
- *Dysfunkce fúzní vergence* − Pacienti mající tuto poruchu mají často normální AC/A poměr, ale nízké fúzní vergenční amplitudy. Zóna jejich čistého, jednoduchého binokulárního vidění je malá. Mají nízké PFR i NFR a při měření binokulární akomodační facility selhávají s plusovými i mínusovými čočkami. [16, 19]

- *Základní exoforie* − Pacienti s touto deviací mají stejnou velikost úchylky na obě vzdálenosti, do blízka i do dálky. Vyznačují se nízkými PFR do dálky i do blízka a selhávají při měření binokulární akomodační facility s plusovými čočkami. [16, 19]
- *Základní esoforie* − Základní esoforii charakterizují stejně velké hodnoty esoforie do dálky i do blízka, nízké NFR do dálky i do blízka a selhání s mínusovými čočkami pří měření binokulární akomodační facility. [16, 19]
- *Vertikální heteroforie* − Vertikální forie mohou být komitantní, neboli ve všech směrech stejná úchylka, a nebo inkomitantní tzn. v různých směrech různá úchylka. [19]

7. Ortoforie, heteroforie a heterotropie

Binokulárního vidění může být dosaženo pouze s dobře vyvinutou a koordinovanou okulomotorikou a neurálním systémem a s fungováním obou očí v dokonalé spolupráci. Jednoduché binokulární vidění vyžaduje, aby se retinální obrazy vytvářely v korespondujících místech sítnic obou očí. Postavení obou očí může být rovnovážné neboli ortoforie, nebo nerovnovážné, pak se setkáváme s heteroforií a heterotropií. [4, 5]

7.1 Ortoforie

Ortoforií nazýváme stav rovnovážného postavení obou očí. Při pohledu do dálky jsou vizuální osy paralelní, a to jak za přítomnosti fúze, tak při disociaci. Oči bez úsilí dosáhnou binokulárního vidění. Pouze u menšího počtu lidí zůstanou oči v ortopozici po přerušení fúze. A o něco méně je těch, kteří mají ortoforii do dálky i do blízka. [5, 14, 15]

7.2 Heteroforie

Heteroforie je nerovnovážné postavení očí zjistitelné až po zrušení fúze. Jiné označení pro heteroforii je latentní nebo také skryté šilhání. Může být vadou anatomického rozložení svalů, dysfunkcí akomodace a konvergence, dysfunkcí některého z očních svalů získané po traumatu či nemoci, nebo může jít o vrozenou poruchu. Podle Divišové (1990) není velikost odchylky neměnná a oko zbavené fúze kmitá okolo střední hodnoty deviace, velikost deviace se mění nejen v průběhu dne, ale i během samotného vyšetřování subjektu, je ovlivňována metodou, kterou je heteroforie vyšetřována i nemocí či únavou. [1, 10, 14]

Rozlišujeme heteroforii kompenzovanou a dekompenzovanou. Kompenzovaná heteroforie je ta, která nezapříčiňuje žádné symptomy, ani supresi, do této kategorie spadá většina subjektů, u kterých je heteroforie naměřena. Dekompenzovaná heteroforie naopak způsobuje symptomatické obtíže a utváření suprese. Subjektivními symptomy mohou být tzv. muskulární astenopie, které se projevují bolestmi hlavy až migrénami, pálením očí, slzením, světloplachostí, může se objevit i únavová diplopie. Dalším možným rozdělením je heteroforie na dálku a na blízko. Heteroforie do blízka je modifikací heteroforie do dálky v závislosti na akomodačně konvergentním reflexu. Hodnoty do dálky i do blízka budou stejné pouze při normálním akomodačně konvergentním reflexu. [10, 17]

Velikost heteroforie je ovlivněna refrakčními vadami, např.: hypermetropické oči budou mít sklony k esoforii, naopak myopické oči budou tíhnout k exoforii. Také je třeba brát v úvahu,

že je měřena pouze při statických podmínkách a měla by být brána v potaz výkonnost fúzních reflexů a tedy i hodnota fúzních rezerv, které působí jako protipól heteroforie. [10]

Typ heteroforie může být určen podle směru úchylky po ztrátě fúze, rozlišujeme horizontální, vertikální, rotační a smíšené deviace:

- Esoforie − Při esoforii dochází ke konvergenci vizuálních os. Jde o horizontální úchylku.
- Exoforie − U exoforie vizuální osy divergují. Jedná se o úchylku horizontální.
- Hyperforie − Hyperforie značí, že pohledová osa jednoho oka je výš. Vertikální deviace.
- Hypoforie − Při hypoforii je jedna z pohledových os níže než ta druhá. Vertikální deviace.
- Excykloforie − Excykloforie značí rotaci horního pólů oka směrem ven. Rotační úchylka.
- Incykloforie − U incykloforie dochází k rotaci horního pólu oka směrem dovnitř. Rotační úchylka.

Cykloforie jsou typy heteroforií, které se nekompenzují ani neléčí. [10, 17]

7.2.1 Řešení heteroforie

Existuje několik možností léčby, kompenzace či řešení heteroforie, ke kterým se přistupuje pouze při subjektivních problémech, jako jsou např.: astenopické obtíže. [10]

- **Korekce refrakční vady**: Jako první a nejdůležitější je zajistit správnou korekci refrakční vady, a to jak na dálku, tak i do blízka. Korekce by měla být nošena trvale, nebo alespoň po dobu výskytu potíží. Důležitá je v tomto případě správná centrace korekčních brýlí. [1, 10]
- **Ortoptické cviky:** K této metodě se přistupuje, pokud korekce refrakční vady nepomůže. Cílem ortoptických cvičení je především zlepšení fúzních rezerv (popřípadě odstranit již vzniklou supresi). Výsledkem by mělo být dosáhnutí jednoduchého binokulárního vidění menší námahou a úsilím. Cvičení není účinné při postižení vertikálními foriemi. [1, 10]
- **Kompenzační hranoly/prizmatické čočky:** prizmatický hranol o síle 1 prizmatické dioptrie posouvá paprsek o 1 cm na vzdálenost 1 metru. Tyto hranoly ulehčují očím od námahy. Báze hranolu se umisťuje proti směru úchylky a naměřené prizmatické dioptrie se rozdělují rovnoměrně mezi obě oči. Vertikální forie se koriguje plnou měrou, horizontální pak 1/2 až 2/3 naměřené forie. Při smíšené forii se nejdříve koriguje složka vertikální, pokud obtíže zůstanou, pak do korekce přidáme i horizontální složku. [1, 10, 12]

- **Chirurgické řešení**: indikuje se, pouze pokud selžou všechny předchozí varianty. V tomto případě je důležitý pečlivý a přesný rozbor a zhodnocení výsledků binokulárního stavu. [1, 10]

7.3 Heterotropie

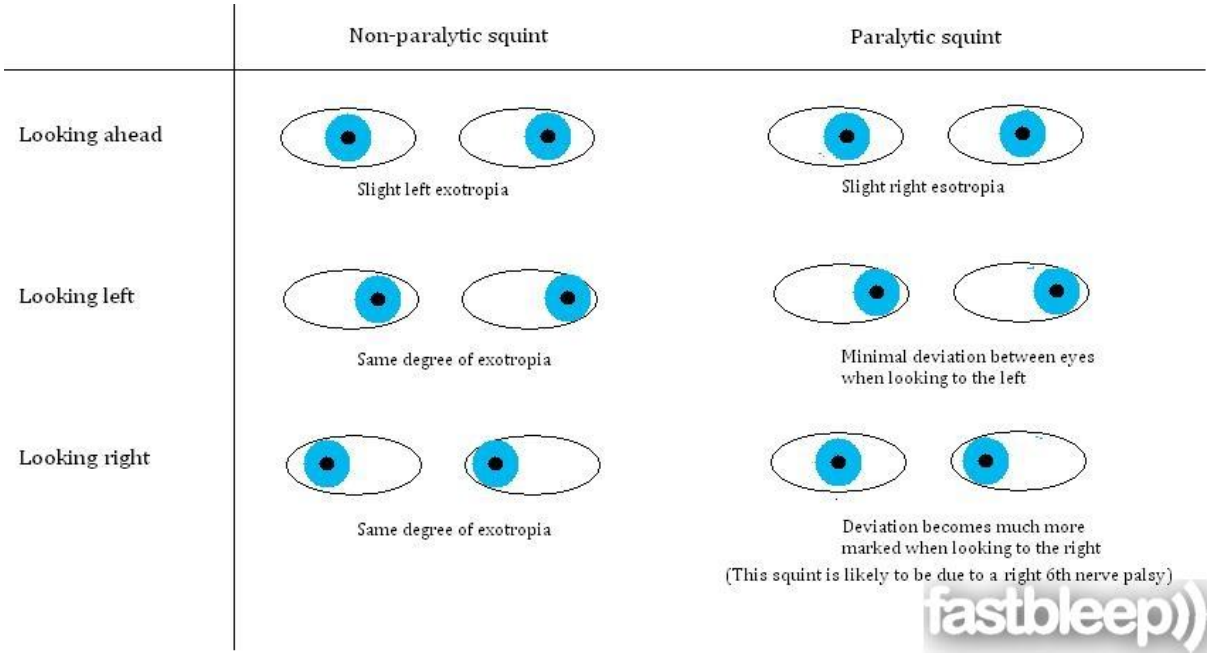
Heterotropie se také nazývá jako manifestní šilhání nebo také zjevné šilhání. Hlavním rozdílem mezi heteroforií a heterotropií je, že u heteroforie je dosaženo bifoveální fixace objektu, zatímco u heterotropie je jedno oko uchýleno a tudíž obraz jednoho oka nedopadá na foveu. Při vytvoření zjevného šilhání se předpokládá i vznik diplopie. Většinou vzniká u malých děti, které se tomuto rušivému elementu brání buď supresí, alternujícím používáním očí, anebo anomální retinální korespondencí, jednostranné potlačování vjemu z jednoho oka může vést až ke vzniku amblyopie. Existuje více kritérií, podle kterých můžeme heterotropie kategorizovat. [4, 14]

- Podle směru deviace − Toto rozdělení je stejné jako u heteroforií podle směru uchýlení šilhajícího oka. Mezi horizontální deviace patří esotropie a exotropie, vertikální jsou hypertropie a hypotropie a rotační jsou excyklotropie a incyklotropie. Šilhání může být také kombinací těchto složek. [12]

  − Zvláštními formami strabismu jsou mikrostrabismus, A a V syndrom a pseudostrabismus. Mikrostrabismus je téměř nenápadný, úhel odchýlení je menší než 5 stupňů, nejčastější je pro tento typ odchylka konvergentní, ale bývá i divergentní. A a V syndrom se projevuje nestejnou úchylkou při pohledu nahoru a dolu. Pokud se osy bulbů při pohledu nahoru sbíhají a při pohledu od sebe se rozbíhají, pak jde o syndrom A. Jelikož je normální, že se bulby při pohledu vzhůru mírně rozbíhají a dolu mírně sbíhají, označuje se V syndrom jako porucha podle pravidla, u V syndromu dojde ke zvýšení rozbíhavosti a sbíhavosti. Aby mohla být porucha diagnostikována jako V syndom, musí být rozdíl od normálního stavu minimálně 15 stupňů a jako A syndrom je označován rozdíl od 10 stupňů a více. Pseudostrabismus je na rozdíl od ostatních zvláštních forem pouze šílhání zdánlivé. Nejčastějším důvodem vzniku dojmu strabismu bývá epicanthus, kdy je nazální část bulbu zakryta kožní řasou horního víčka a tím je vyvolán dojem esotropie. [1]
- Konkomitující a inkomitantní strabismus − Konkomitující nebo také dynamický strabismus. Nejčastěji dojde k jeho vzniku do 3 let a příčinou bývá dlouhodobá okluze jednoho oka, chybná korekce, zákaly optických prostředí ať už vrozené nebo získané, také porucha zrakové a motorické dráhy nebo porucha svalů a hlavně poruchy vyšších mozkových center.

Hlavními znaky odlišující tyto dva typy šilhání jsou: volná motilita očí ve všech směrech pohledu, deviace v primárním postavení očí je stejná jako ve všech jiných směrech pohledu (viz. Obrázek 7), obvykle nebývá přítomna diplopie, ani jednoduché binokulární vidění a v některých případech se může vyskytnout anomální binokulární vidění. [5]

− Inkomitantní nebo také paralytický strabismus. Jedná se o šilhání, které je zapříčiněno paralýzou neboli obrnou jednoho nebo více svalů ovládající motilitu oka, nebo pouze částečnou parézou (ochablostí). Autrata (2006) uvádí jako příčiny: „úrazy, záněty, tumory, cévní, metabolické a degenerativní choroby, též otravy.“ Hlavními znaky inkomitantního šílhání jsou: motilita omezená ve směru akce postiženého svalu, ve směru opačném je motilita v normálu, nebo malá (viz. Obrázek 7.1). Velikost deviace tedy závisí na pohledovém směru. Bývá přítomno kompenzační postavení hlavy a horší lokalizace objektů. Může být přítomna i diplopie, která může způsobovat závratě až nauzeu. [5]



Obrázek 7. 1: Úchylky dynamického a paralytického strabismu při různých směrech pohledu

Zdroj: https://www.fastbleep.com/wiki/article/290

- Intermitentní a konstantní strabismus − Intermitentní šilhavost je přítomna pouze na několik chvil, může být i prekurzorem konstantního šilhání. Konstantní šilhání je přítomno neustále ve všech pohledových pozicích a všech fixačních distancích. Některé typy intermitentního šilhání mohou být označeny jako periodické. Tudíž pokud je deviace přítomna vždy například do blízka v daném směru, pak může být označena jako periodická. [12]

- Unilaterální a alternující − Strabismus je buďto unilaterální, postihující jedno oko, v takovémto případě postižené oko fixuje pouze při zakrytí normálně fixujícího oka. U alternujícího strabismu můžou fixovat obě oči, jedno je vždy nefixující. Jde o méně častý typ. [4, 12]

7.4 Cover test

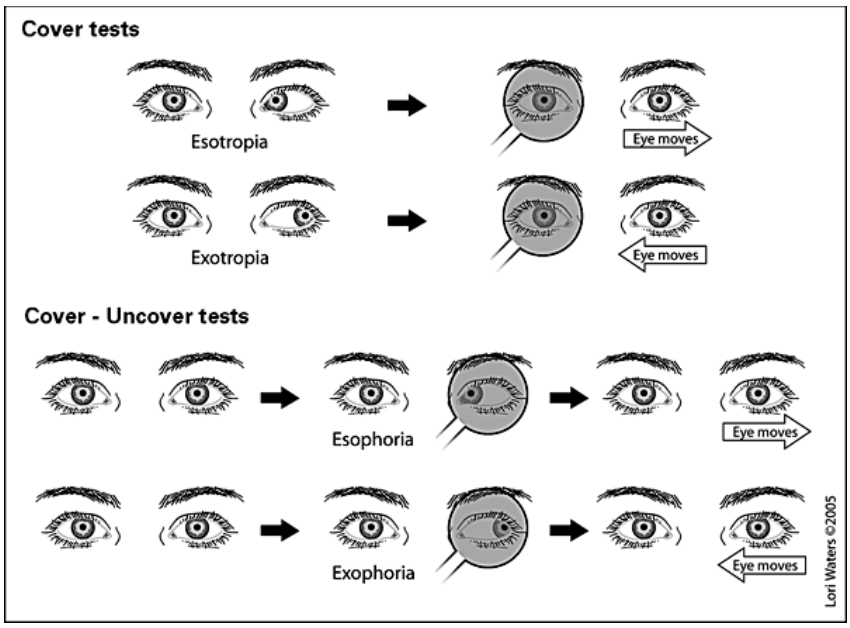
Cover test je jedním z nejdůležitějších testů, které by měly být součástí každého očního vyšetření. Slouží k vyšetření heteroforií a heterotropií. Cílem testu je umožnit vyšetřovateli pozorovat, co se stane, když je binokulární vidění přerušeno zakrytím jednoho oka, zatímco jedinec fixuje na nějaký bod. Provádí se do blízka i do dálky. Do dálky i do blízka je nejlepší fixační značka jedno písmeno o řádku výše než je nejmenší čtený řádek horším okem. Při testování do dálky by měli být oči v primárním postavení, do blízka lehce sklopeny dolu stejně jako při čtení. Pro determinování efektu refrakční vady, je pro zjištění binokulárního statusu často vyžadován test bez korekce a se svojí optimální korekcí. [17, 21]

Existují dvě varianty cover testu: cover/uncover test a alternativní cover test. Cover/uncover test funguje na principu zaclonění jednoho oka, zabránění binokulárního vidění a po chvíli znovu odclonit, u alternativního cover testu když odcloňujeme jedno oko, tak rychle zakrýváme druhé, po celou dobu testu udržujeme přerušené binokulární vidění. Obě metody mají výhodu objektivity testy, výsledky hodnotí sám vyšetřující. Nevýhodou je, že i nejzkušenější jedinec nemůže detekovat malé deviace okolo 2-3 pD. Nicméně malé deviace mohou být identifikovány užitím subjektivního cover testu. [17]

Při vyšetřování se musíme ujistit, že jedinec bude neustále udržovat fixaci určitého bodu. Nejdříve se začíná variantou testu cover/uncover. Clona se umístí před levé oko, sleduje se pohyb oka nezakrývaného oka, po pár vteřinách odkryjeme. Proceduru opakujeme zhruba třikrát, než se rozhodneme pro nějaký výsledek. Po odkrytí bychom měli oku nechat 2-3 sekundy pro obnovení fixace. Pokud se sledované oko (nezakrývané) uchýlí při zaclonění druhého oka směrem ven, aby převzalo fixaci, pak jde o esotropii, exotropie je přítomna při pohybu dovnitř (viz. Obrázek 8), nahoru pak hypotropie a dolu hypertropie. Test opakujeme zakrýváním pravého oka a zjišťujeme tak poruchu oka levého. Pokud není prokázána heterotropie, začíná se vyšetřovat heteroforie. [17]

Dvě alternativy jak pokračovat, obě metody mají své příznivce. První variantou je zjišťovat latentní šilhání testem cover/uncover. Tentokrát je předmětem sledování oko zakrývané, pokud je přítomna heteroforie, pak se oko při zakrytí uchýlí ve směru úchylky a při odkrytí vykoná

vyrovnávací pohyb (viz. Obrázek 7.2). Vada je opačná, než je vyrovnávací pohyb pro znovu převzetí fixace. Pokud je to možné snažíme se vypozorovat pohyb oka za clonou, směr pohybu se clonou se směru deviace. Druhou variantou je alternativní cover test, kdy střídavě zakrýváme jedno a druhé oko, před každým okem je clona 2-3 sekundy. Pacient nesmí během testu vidět fixační bod binokulárně. Pokud je na očích přítomna deviace, pak můžeme vidět re-fixační pohyb oka odkrývaného. Pokud se oči při odkrytí hýbou vně, pak jde o esoforii, dovnitř o exoforii. Pokud nejsou přítomny pohyby očí ani při tomto testu, můžeme použít ještě subjektivní alternativní cover test. Ptáme se pacienta, zda se mu při změně zakrytí fixovaný bod pohne. Můžou tak být detekovány malé heteroforie. Typ určíme směrem pohybu bodu. Například esoforie zapříčiní pohyb proti pohybu clony. [17]



Obrázek 7. 2: Test cover/uncover pro zjištění heterotropie a heteroforie

Zdroj: http://www.fprmed.com/documents/books/TORNO09/2009/textbook/textBook_354_22_1.htm

8. Epidemiologie vergenčních vad

Zjevné šilhání jako takové se v populaci vyskytuje ne tak často. Udávaný výskyt je 5-6% [14] strabujících jedinců, z nichž je zhruba polovina amblyopických. Zatímco se výskyt inkomitantního strabismu udává mezi 0,7-1,4% [10], strabismus konkomitující dosahuje hodnot výskytu mezi obyvateli 4-6% [5], u nedonošených jedinců se výskyt vyšplhal až na 22% [5]. Konvergentní šilhání je nejčastějším druhem zjevného strabismu, na 5 esotropií připadá pouze jedna exotropie do dálky, procentuálně se jedná o 70-75% [10], ale až v 50% [14] je doprovázena složkou vertikální. [5, 10, 14]

O heteroforii se spíše dá říci, že je běžným nálezem a ortoforie ideálním stavem, kterým disponuje pouze 20-30% [14] vyšetřovaných, k nim můžou být připočteni i pacienti s velmi malou úchylkou. V primárním postavení, kdy oči hledí přímo před sebe do dálky, skrytě šilhá 70-80% [14] subjektů, do blízka je to téměř 100% [14] jedinců. Ovšem symptomatická dekompenzovaná heteroforie, způsobující různé problémy, je předpokládána cca u 10% [14] lidí, asymptomatická je tedy výrazně častější a tudíž je povědomí populace o existenci skrytého šilhání a problémů s ním spojené jen velmi malé a ne příliš rozšířené. V 15-24% [10] případů nacházíme vertikální forie, ale až 45% [10] výskyt kombinovaných forií se složkou jak vertikální, tak horizontální. [10, 14]

U zahraničních autorů a výzkumných pracovníků zabývajících se touto problematikou jsou uváděna data, týkající se konkrétních typů vergenčních vad. Například Montés-Micó (2001) ve svém článku uvádí počet naměřených subjektů 1679, věk mezi 18 a 38 lety. U 52,2% jedinců se projevovaly symptomy a byly zjištěny binokulární dysfunkce, z tohoto souboru zjistil přítomnost akomodačních poruch v rozsahu 61,4% a vergenčních poruch 38,6%. Nejvíce bylo zjištěno poruch akomodační insuficience. Oproti tomu studie Ovenseri-Ogboma (2016) uvádí jako nejčastěji přítomnou insuficienci konvergence. [22, 23]

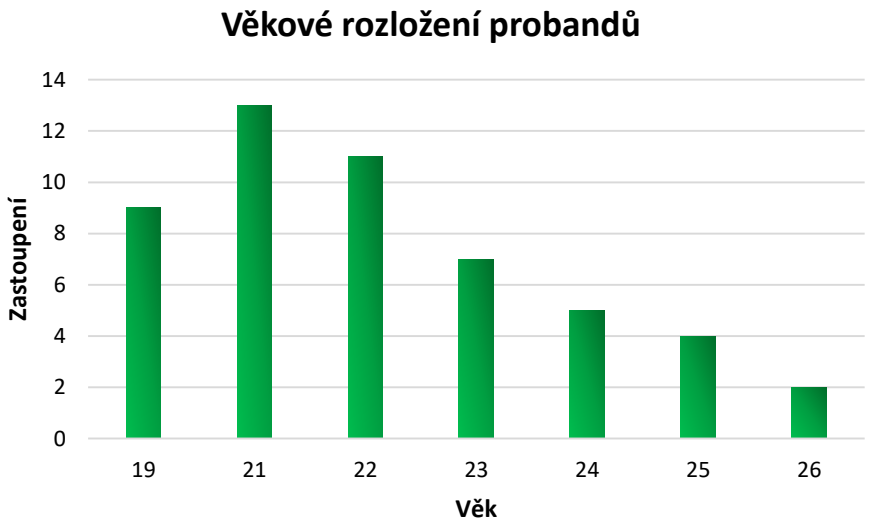
Cacho-Martínez se 2 kolegyněmi (2010) vydali článek porovnávající a hodnotící studie vzniklé mezi roky 1986 a 2009. Identifikoval 660 článků zabývajících se tématem poruchy binokulárního vidění a z nich vybrali 10 nejvhodnějších studií, které splňovaly potřebná kritéria, hlavním kritériem bylo, aby se práce soustředila na danou užší problematiku akomodačních a vergenčních vad. Zbylé vyloučilo to, že se daným problémem zabývali pouze okrajově, další rozebírali strabologické anomálie spojené s okulárními patologiemi, další pojednávali pouze o léčbě atp. Žádná z prací se nesoustředila na zdravé dospělé obyčejné populace, nejvíce studií bylo zaměřeno na studenty středních a vysokých škol. Největší rozdíl

v procentuálním zastoupení určité vergenční poruchy v rozdílných pracích byl v insuficienci konvergence, kde se autoři odlišovali svými údaji o zhruba 30%. U akomodačních poruch to byla insuficience akomodace, kde byl rozdíl necelých 60%. Lišilo se také množství testů prováděných na pacientech. Studie nesplnili očekávání v podání jasné informace o procentuálním zastoupení binokulárních akomodačníc h a vergenčních vad v populaci. Může za to nesoulad v typech a množství testů, různá hodnotící kritéria a různé typy skupin probandů. Výsledkem práce je zjištění nedostatku správných a srovnatelných epidemiologických studií týkajících se vergenčních vad. [24]

9. Použité metody

Jako probandi experimentu byli zvoleni studenti FBMI ČVUT, vybráni byli náhodně, buď oslovením v prostorách fakulty, nebo nepřímo požádáni o spolupráci prostřednictvím internetové sociální sítě, kam byla vložena prosba o podílení se na probíhajícím experimentu. Měření probíhalo v průběhu celého zimního semestru 2017/2018 v prostorách optometrických laboratoří Fakulty Biomedicínského inženýrství ČVUT.

Z celkového počtu 50 zúčastněných bylo 30 (60 %) žen a 20 (40 %) mužů ve věku od 19 do 26 let. Nejvíce naměřených studentů bylo ve věku 21 let. Věkové rozdělení probandů je zaneseno do histogramu na Obrázku 9.1.



Obrázek 9. 1: Histogram věkového rozložení probandů

Obě optometrické vyšetřovny, ve kterých bylo měření prováděno, jsou vybaveny LCD optotypem, přičemž vyšetřovací křeslo a optotyp jsou ve vyšetřovací vzdálenosti 6 metrů. Při každém měření bylo venkovní okno vyskytující se za zády vyšetřovaného zataženo, aby nedocházelo k oslňování a parazitním odleskům na čočkách ve zkušební obrubě, dále byla vždy rozsvícena stropní světla.

Nejdříve byla s probandem zpracována anamnéza, při níž byla dotazníkovým šetřením zjišťována možná dekompenzovaná heteroforie. Otázky mohly upozornit na různé subjektivní potíže. Nejdříve dotazy směřovaly k vizuálním problémům: přítomnost diplopie a rozmazaného vidění, dále k binokulárním obtížím: špatný odhad vzdáleností (např.: obtíže při řízení a parkování, míčové sporty) a zvýšené pohodlí při monokulárním pozorování okolí,

či při dívání se do blízka, poslední skupina dotazů směřovala k astenopickým potížím jako jsou: bolesti hlavy a očí, pálení očí, světloplachost, nevolnost až zvracení. Heteroforie byla hodnocena jako dekompenzovaná, pokud byl u probanda zjištěn některý ze zmíněných symptomů, případně pokud sám zmínil jiný symptom v průběhu celé anamnézy, než obsahovalo dotazníkové šetření, a zároveň u něj byl některý z testů na heteroforii pozitivní, dále pokud byla na Worthovo světlech potvrzena suprese (potlačení vjemů jednoho z očí).

Dalším krokem byla objektivní refrakce na autorefraktometru, přičemž po zkontrolování naturálního visu byla do zkušební obruby vložena hodnota naměřená přístrojem. Následoval postup běžné sférocylindrické refrakce na Snellenových optotypech. Po dosažení nejlepší sférické korekce byl kontrolován astigmatismus tedy cylindrické hodnoty pomocí Jacksonova zkříženého cylindru na Dot (bodovém) testu, hodnoty sférické byly upravovány spolu s každou změnou cylindru o 0,5 D. Po opětovné kontrole sférické refrakce obou očí zvlášť, byl proveden polarizační tří řádkový test na binokulární akomodační vyvážení.

Další měření již obsahovalo testy zjišťující binokulární status probanda. Jako první byly provedeny cover testy, nejdříve metodou cover-uncover, a poté metodou cross-cover pro zjištění přítomnosti heterotropie popřípadě heteroforie. Následoval sled vybraných testů na zjištění hodnot heteroforie. Jako první byla měřena asociační forie prostřednictvím Cross (křížového) testu mající fúzní podnět ve formě tečky uprostřed kříže, přičemž tečka je viděna oběma očima, ale každé oko vidí pouze část kříže, díky předsazeným polarizačním filtrům před obě oči. Při ortoforii je viděn obraz kříže, při heteroforii je viděn jiný obrazec v závislosti na typu odchylky.

Všemi dalšími testy byla měřena pouze disociovaná forie. Další test byl opět Cross test, tentokrát ovšem bez asociačního podnětu v podobě tečky. Následoval Madox rod test do dálky. Madoxův test se provádí předložením červené nebo matné čočky, obsahující sérii paralelních plankonvexních cylindrů, před jedno oko (nejčastěji před pravé) a sleduje se bodový světelný optotyp. Jedním okem tedy vyšetřovaný vidí světelný bod a druhým překrytým okem vidí namísto světelného bodu světelnou čáru. Jedná se o jev vytvořený strukturou předsazené čočky. V závislosti na orientaci cylindrů bude orientovaná světelná čára. Pokud je měřena horizontální složku forie, pak čočku natočíme tak, aby cylindry ležely vodorovně, čára se pak zobrazí kolmo na ně, při měření vertikální složky forie se cylindry natočí naopak svisle. Pokud je oko ortoforické pak světelná čára prochází přímo světelným bodem, pokud je čára posunuta mimo svítící bod, pak se srovnává na světelný bod pomocí prizmatických čoček. Tento test je prováděn za sníženého osvětlení. V případě obou vyšetřoven byla zhasnuta stropní světla

a místnost tak byla střídmě osvětlena postranními okny. Jako poslední test disociované heteroforie na dálku byl proveden Schoberův test, který se řadí mezi anaglyfní testy. Jedná se o optotyp s červeným křížem uprostřed dvou zelených soustředných kružnic. Vyšetřovanému je před pravé oko předložen červený filtr a před levé zelený, to znamená, že pravým okem vidí pouze kříž a levým pouze kružnice. Pokud je oko ortoforické, pak je kříž přímo uprostřed kružnic, pokud není uprostřed, jedná se o jeden z typů heteroforie, podle směru odchylky kříže. [17,25]

Následně byla měřena disociovaná forie do blízka. Bylo využito dvou typů testů, Cross test bez fúzního podnětu a Madox rod test, oba optotypy byly umístěny do vzdálenosti 40 centimetrů před oči vyšetřovaného. Hodnoty prizmatické korekce byly měřeny s přesností na 0,25 pD.

Celková délka měření byla mezi 20 a 40 minutami v závislosti na individualitě každého studenta.

Při vyhodnocování heteroforií byl student označen jako heteroforik s horizontální forií v případě, že mu byly naměřeny hodnoty 1pD a vyšší, jako heteroforik s vertikální forií pak při naměření 0,5 pD a vyšší. Tyto hodnoty byly zvoleny na základě pravidel při předepisování prizmatických čoček do brýlí, tzn, brýlemi komenzujeme vadu horizontální od 1 pD a vertikální od 0,5 pD (v obou případech rozdělujeme pD rovnoměrně mezi obě oči).

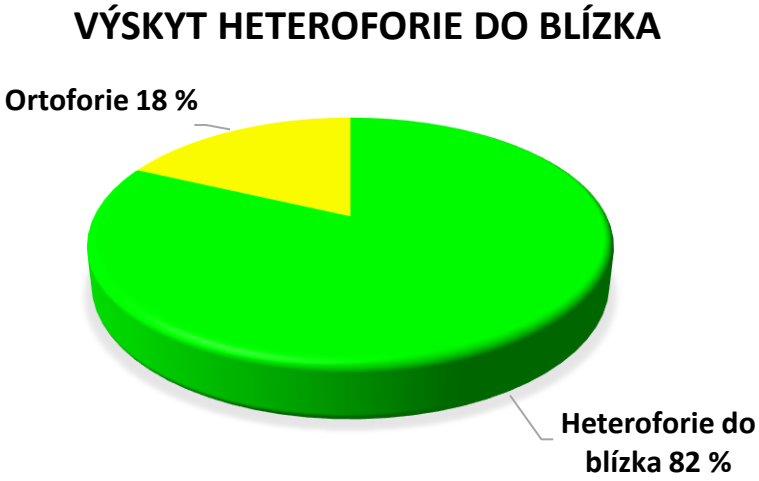
10. Experimentální část

Experiment se zaměřoval na epidemiologii vergenčních vad. Za cíl bylo stanoveno potvrzení několika hypotéz:

- Hypotéza č. 1: Obecně známá fakta o heteroforii budou aplikovatelná i na užší okruh lidí. Tzn. tyto body se nebudou výrazně lišit: procentuální rozdělení na ortoforiky a heterofiky, procentuální rozdělení heteroforií na kompenzované a dekompenzované, heteroforií do blízka bude více než do dálky.
- Hypotéza č. 2: U hypermetropů bude převažovat esoforie a u myopů naopak exoforie.
- Hypotéza č. 3: Nejvíce heteroforií bude detekováno Madox rod testem na dálku i do blízka.

Z celkového počtu 50 naměřených osob byla v primárním postavení očí do dálky heteroforie naměřena u 35 (70 %) jedinců (obrázek 10.1), do blízka pak u 41 (82%) osob (obrázek 10.2). Z toho pouze 5 vyšetřovaných s heteroforií na dálku nedisponovali i heteroforií na blízko a u 11 osob mající heteroforii na blízko nebyla prokázána forie na dálku. Hodnoty výskytu heteroforií jsou vyvozeny z výsledků měření Maddox rod testem do blízka a do dálky. Měřením Cross testem na dálku a na blízko byl naměřen nižší výskyt heteroforií, konkrétně 21 (42 %) případů heteroforie na dálku a 33 (66 %) případů heteroforie na blízko.

Obrázek 10. 1: Výskyt heteroforie do dálky



Obrázek 10. 2: Výskyt heteroforie do blízka

Heteroforie mohou být ve formě asymptomatické resp. kompenzované a ve formě symptomatické resp. dekompenzované. Z celkového počtu heteroforiků bylo pomocí dotazů v průběhu anamnézy zjištěno 7 (15 %) osob s dekompenzovanou heteroforií z celkového počtu 46 osob postižených heteroforií.

Existuje předpoklad, že osoby s refrakční vadou hypermetropie budou postiženi spíše esoforií a myopové naopak exoforií. Tabulka 10.1 znázorňuje poměrové rozložení esoforie a exoforie na dálku i na blízko pro hypermetropy a pro myopy.

Tabulka 10.1: Poměrové rozložení exoforiků a esoforiků u hypermetropů a myopů

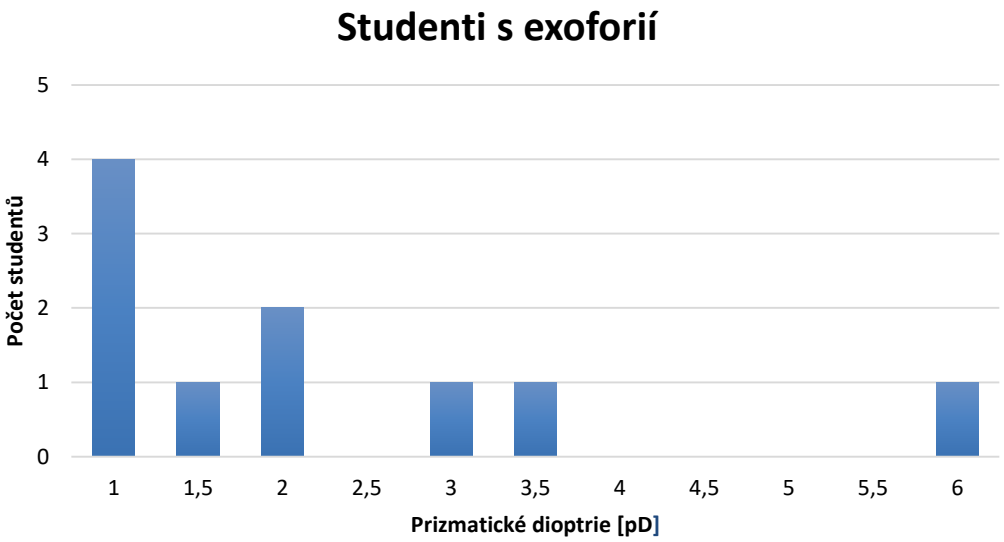
Vzdálenost	Refrakční vada	Exoforie : Esoforie
Dálka (6 metrů)	Hypermetropie	1 : 2
	Myopie	3 : 2
Blízko (40 centimetrů)	Hypermetropie	1 : 1
	Myopie	3 : 1

- **Cover testy**

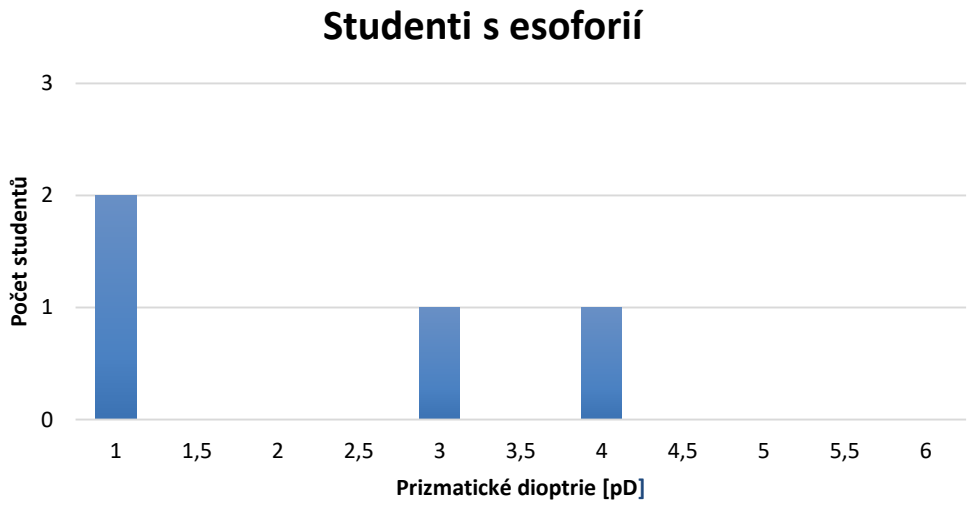
Jako první pro odhalení přítomnosti heterotropií a heteroforií byli cover testy. První metodou cover-uncover nebyla prokázána heterotropie ani u jednoho ze studentů. Druhou metodou cross-cover byla heteroforie patrná u 17 jedinců v horizontálních směrech, konkrétně ve 12 případech exoforie, kdy byl patrný vyrovnávací pohyb nazálním směrem a v 5 případech esoforie, kdy byl vyrovnávací pohyb směrem temporálním.

- **Cross test s fúzním podnětem**

Při měření asociační forie využitím Cross testu s fúzním podnětem bylo zjištěno 15 probandů s heteroforií, ve 4 případech se jednalo o esoforii, v 10 případech o exofori a v 1 případu se projevila vertikální forie s prizmatickou hodnotou 0,75. Vertikální forie byla složkou smíšené heteroforie. Konkrétní hodnoty jsou vyznačeny v grafu na Obrázku 10.3 a v grafu na Obrázku 10.4.



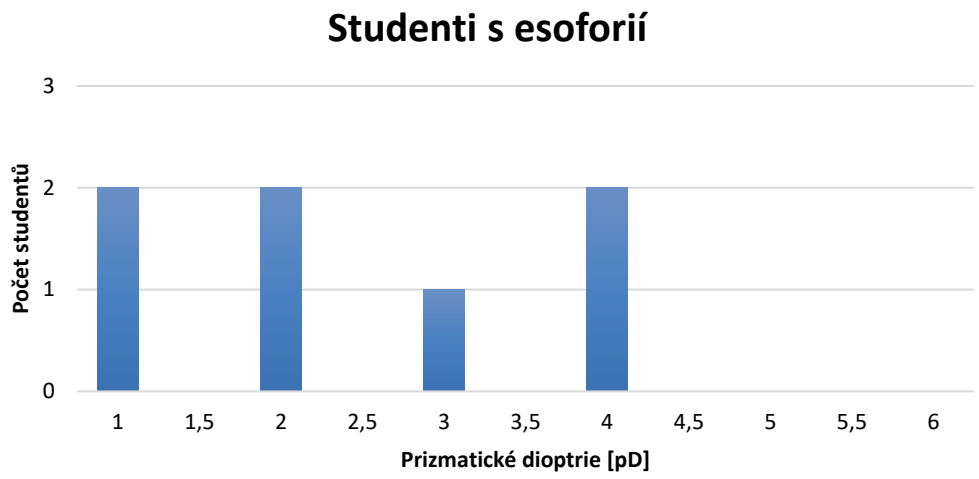
Obrázek 10. 3: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Cross test s fúzním podnětem)



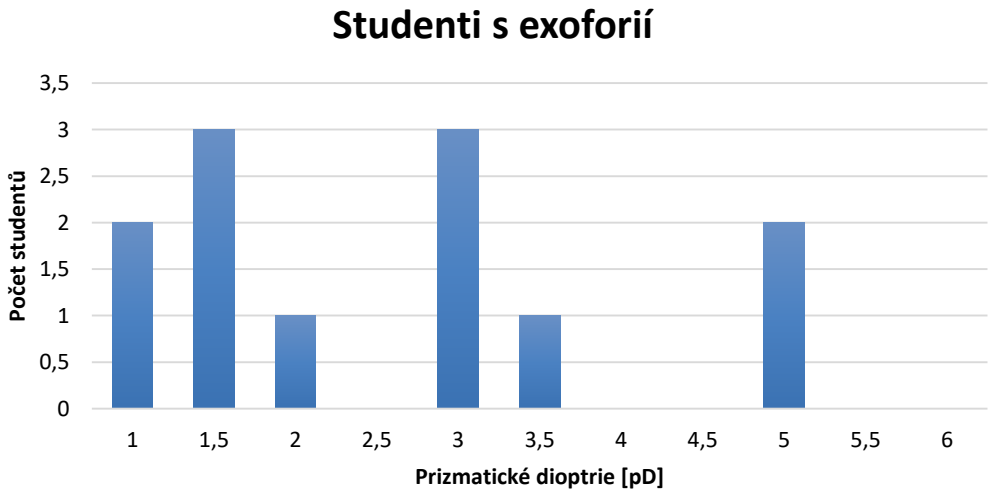
Obrázek 10. 4: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Cross test s fúzním podnětem)

- **Cross test bez fúzního podnětu do dálky**

Cross testem bez fúzního podnětu byla naměřena heteroforie u 21 studentů. V 7 případech šlo o esoforii a ve 12 o exoforii, hodnoty esoforie zaneseny do grafu na Obrázku 10. 5 a exoforie do grafu na Obrázku 10. 6. V 6 případech šlo o vertikální forii s hodnotami: 0,5 – 1,5 pD. Ve 4 případech se jednalo o forii kombinovanou.



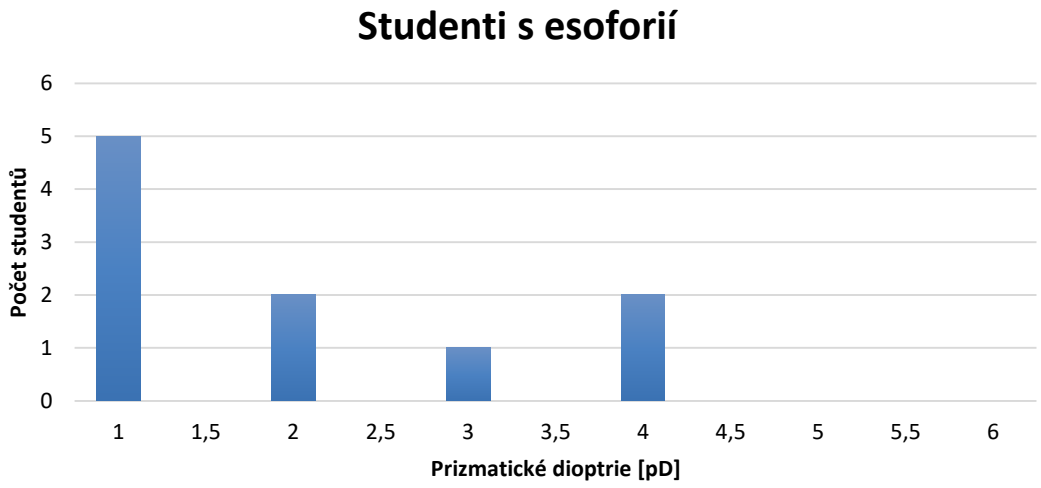
Obrázek 10. 5: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Cross test bez fúzního podnětu do dálky)



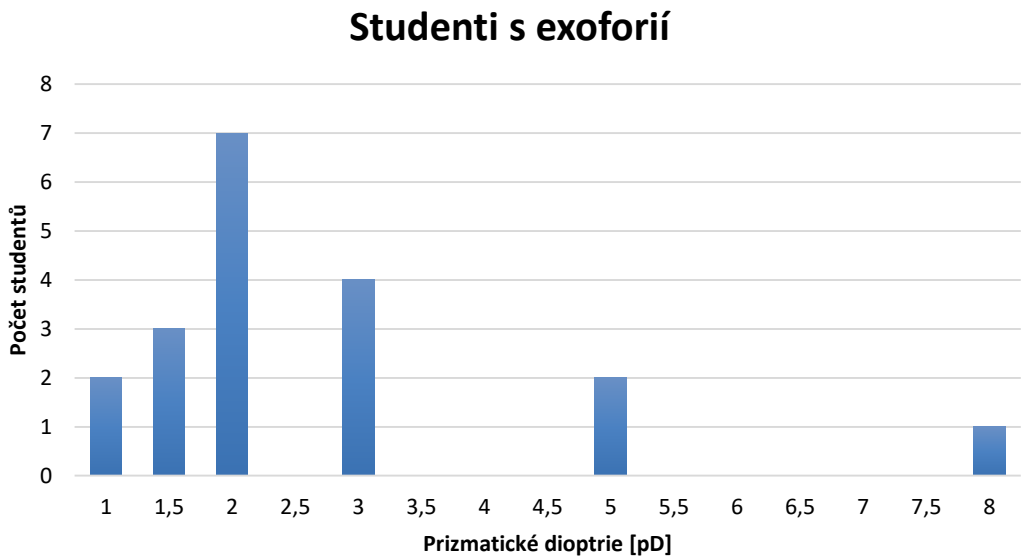
Obrázek 10. 6: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Cross test bez fúzního podnětu do dálky)

- **Maddox rod test**

Maddox rod testem bylo do dálky detekováno největší množství heteroforií. Co se týče esoforií, tak se jednalo o 10 případů, u exoforií o 16 případů, naměřené hodnoty se nacházejí v grafu na Obrázku 10. 7 pro esoforii a 10. 8 pro exoforii. Vertikální forie byly naměřeny ve 14 případech, z toho v 5 případech šlo o kombinaci s horizontální forií, hodnoty dosahovaly od 0,5 – 4 pD, hodnota 0,5 pD byla naměřena celkem v 8 případech, 1 pD ve 3 případech, 1,5 pD ve 2 případech a 4 pD pouze v jednom případě.



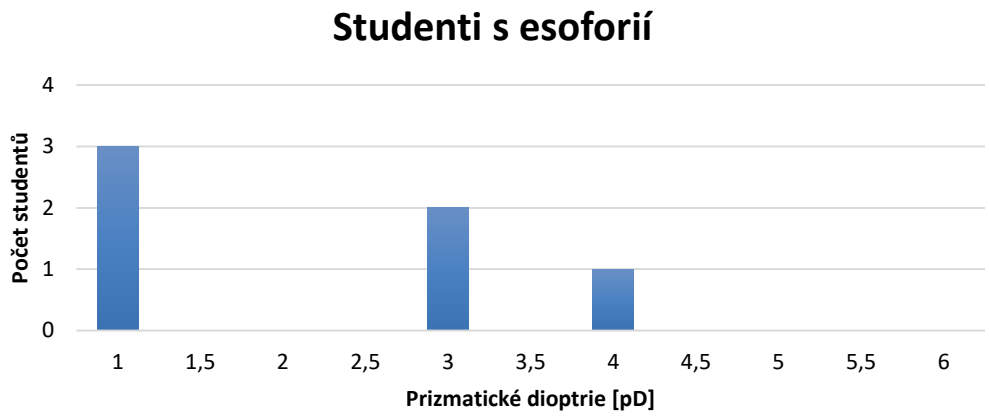
Obrázek 10. 7: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Maddox rod test)



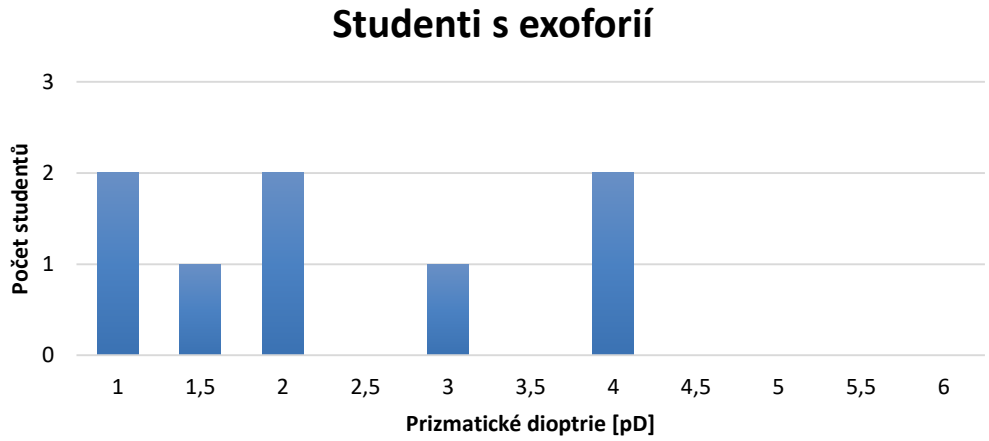
Obrázek 10. 8: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Maddox rod test)

- **Schoberův test**

Anaglyfní Schoberův test dosáhl naopak nejnižších výsledků při zjišťování heteroforií. Esoforie byla detekována u 6 probandů, exoforie pouze u 8 probandů, konkrétní hodnoty zaneseny do grafu na Obrázku 10. 9 pro esoforii a 10. 10 pro exoforii. Vertikální forie naměřena ve 4 případech, z čehož ve 2 jako složka kombinované heteroforie, ve 3 případech se jednalo o hodnotu 0,5 pD a v 1 o hodnotu 1 pD.



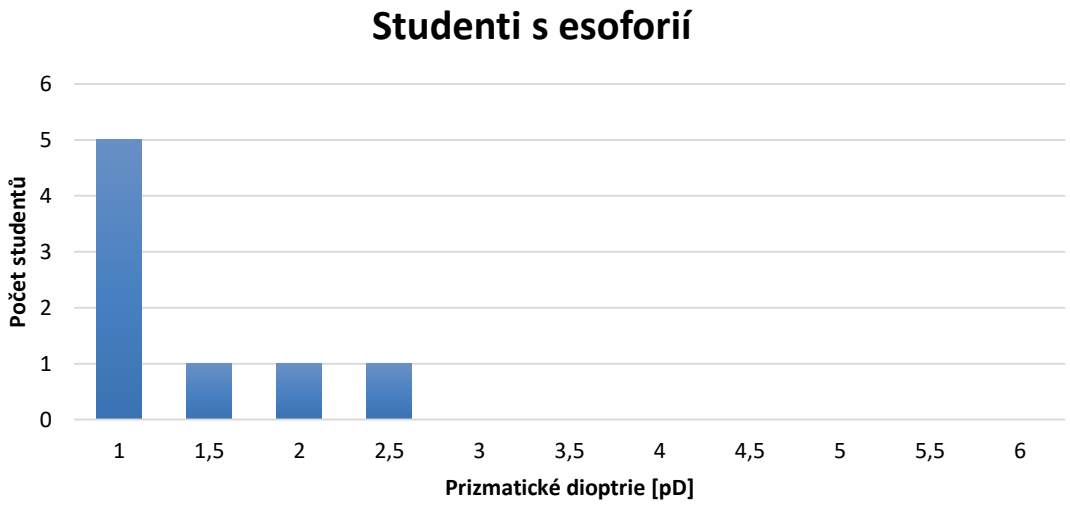
Obrázek 10. 9: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Schober test)



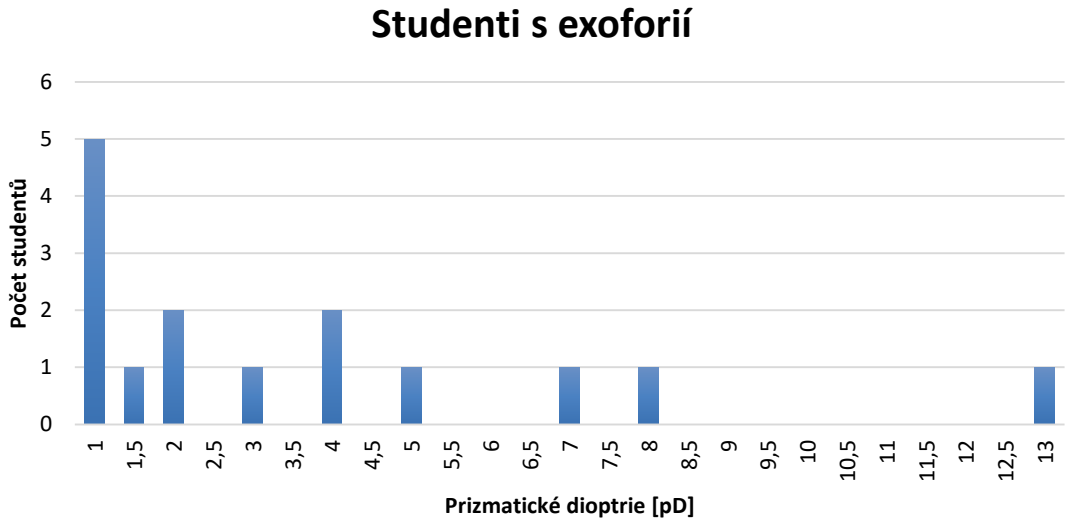
Obrázek 10. 10: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Schober test)

- **Cross test bez fúzního podnětu do blízka**

Na vzdálenost 40 cm byla měřena heteroforie s využitím polarizačních filtrů a Cross testu bez fúzního podnětu. Esoforie byla tímto testem zjištěna u 8 studentů a exoforie u 15 studentů, konkrétní hodnoty pro esoforii zaneseny do grafu na Obrázku 10. 11 a pro exoforii do grafu na Obrázku 10. 12. Vertikální forie byla zachycena pouze jedna s hodnotou 0,5 v kombinaci s horizontální forií. Celkem tedy bylo detekováno 23 případů heteroforií.



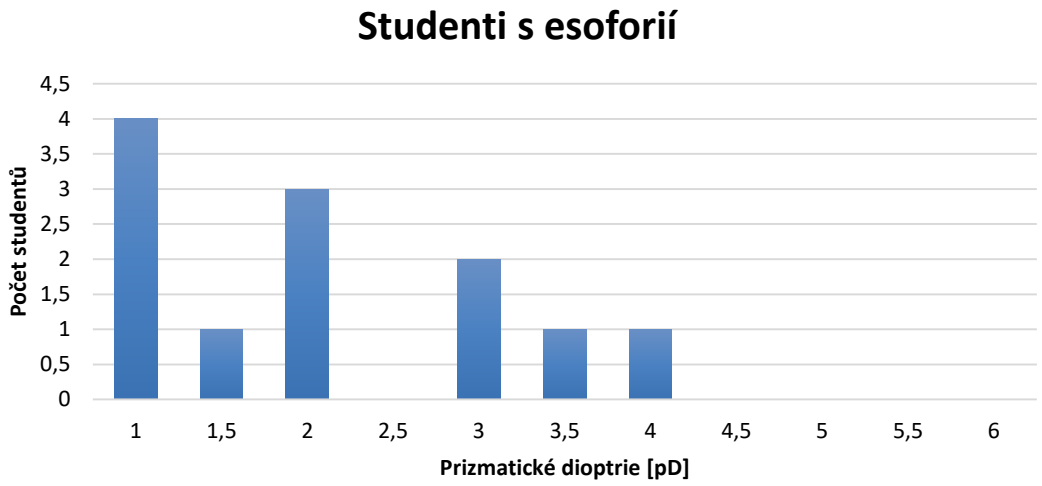
Obrázek 10. 11: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Cross test bez fúzního podnětu do blízka)



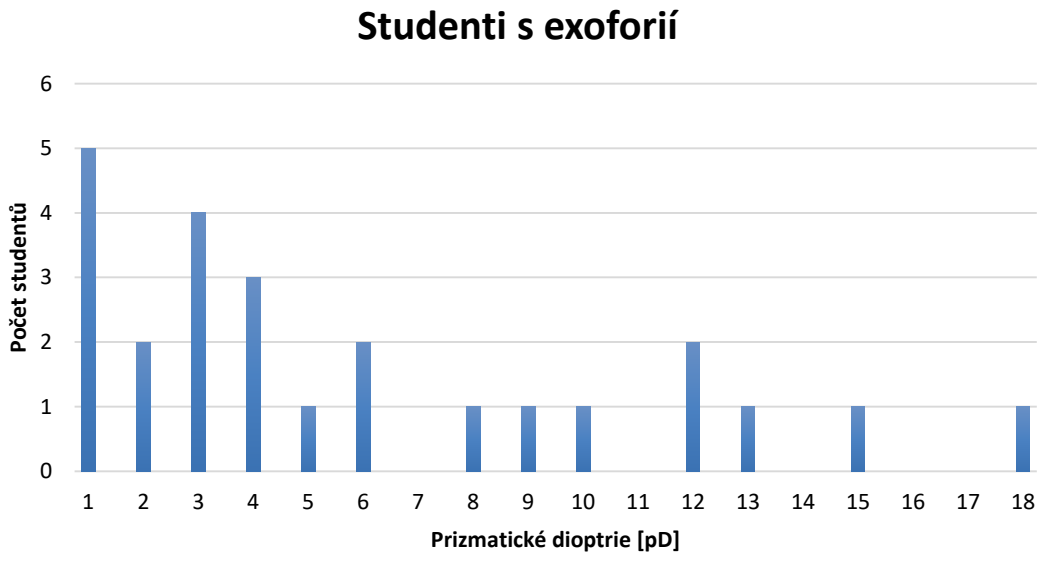
Obrázek 10. 12: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Cross test bez fúzního podnětu do blízka)

- **Maddox rod test do blízka**

Stejně jako do dálky bylo i do blízka detekováno nejvíce heteroforií Maddox rod testem. Celkem 41 probandů disponovalo touto vadou. Ve 12 případech se jednalo o esoforii a ve 24 případech o exoforii, konkrétní hodnoty zaneseny do grafů na Obrázcích 10. 13 pro esoforii a 10. 14 pro exoforii. Vertikální forie byla naměřena ve 20 případech, z toho bylo 15 složkou kombinované heteroforie.



Obrázek 10. 13: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Maddox rod test do blízka)



Obrázek 10. 14: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Maddox rod test do blízka)

11. Diskuze

Pro experiment bylo stanoveno několik hypotéz. Hypotéza č.:

1. **Obecně známá fakta o heteroforii budou aplikovatelná i na užší okruh lidí.** Tzn. tyto body se nebudou výrazně lišit: procentuální rozdělení na ortoforiky a heterofiky, procentuální rozdělení heteroforií na kompenzované a dekompenzované, heteroforií do blízka bude více než do dálky.
   - Bylo naměřeno 70 % heteroforiků v primárním postavení očí (do dálky) a 82 % heteroforiku na blízkou vzdálenost. Obecně udávaná fakta v odborné literatuře jsou 70 – 80 % heteroforiků do dálky a téměř 100 % heteroforiků do blízka.
   - Detekováno bylo dotazníkovým šetřením 15 % dekompenzovaných heteroforií. Hodnoty uváděné v literatuře se pohybují okolo 10 %.
   - Výskyt heteroforií na blízko je o 12 % vyšší než na dálku.

2. **U hypermetropů bude převažovat esoforie a u myopů naopak exoforie.**
   Z tabulky vyplývá, že v případě myopie se exoforie objevuje výrazně častěji než esoforie, do dálky ji převyšuje v poměru 3:2 a do blízka dokonce 3:1. V případě hypermetropie esoforie převažovala exoforii v poměru 2:1 do dálky, do blízka už byl poměr vyrovnaný na 1:1.

3. **Nejvíce heteroforií bude detekováno Madox rod testem na dálku i do blízka.**
   Maddox rod testem bylo do dálky zjištěno 35 případů heteroforie a do blízka 41. Jedná se o vyšší množství případů než u ostatních testů. Důvodem je nejvyšší stupeň disociace, která je používána při této metodě.
   Důvodem nejnižšího počtu naměřených heteroforií u cover testu metodou cross-cover mohla být nižší zkušenost s detekcí vad.

Ve všech třech případech došlo k potvrzení stanovených hypotéz.

Nyní porovnám některé výsledky s výsledky diplomové práce Bc. Markéty Trňákové, jejímž tématem byl Výskyt heteroforie u ametropů v populaci studentů. Z celkového počtu 62 naměřených studentů byla heteroforie pomocí Maddox rod testu prokázána u 77 % osob. Tímto testem bylo také naměřeno procentuální rozdělení heteroforií na horizontální, vertikální a kombinované. Výsledky a porovnání s vlastním experimentem jsou zaneseny do tabulky 11. 1. [26]

Tabulka 11. 1: Porovnání výsledků jiného experimentu s vlastím

Typ heteroforie	Diplomová práce Bc. Trňákové	Vlastní experiment
Horizontální	74 % (= 38 osob)	60 % (= 21 osob)
Vertikální	14 % (= 7 osob)	26 % (= 9 osob)
Kombinovaná	12 % (= 6 osob)	14 % (= 5 osob)

Výsledky obou prací nejsou úplně shodné, ale nejsou patrné markantní rozdíly v rozdělení typů heteroforií. V případě výskytu heteroforií je výsledek velmi podobný vlastnímu experimentu, kde výskyt činí 70 %, tedy konkrétně 35 jedinců z 50.

12. Závěr

Binokulární vidění je důležité pro správné vnímání prostoru a okolního prostředí, tedy pro vidění celkově. Jeho poruchy, mezi které patří poruchy vergenčního souhybu, mohou významně ovlivnit náš život kvůli zvyšujícímu se tlaku společnosti na oční aparát.

V práci byly popsány a vysvětleny nejdůležitější témata související s vergenčními poruchami. Snažila jsem se zejména o popsání akomodačně konvergentního vztahu, čímž jsem chtěla poskytnout dostatek informací pro pochopení funkce tohoto mechanismu a jeho souvislosti s těmito poruchami. Obsahem je informace o procentuálním rozšíření ortoforie, heteroforie a heterotropie v populaci. Dále byla představena práce porovnávající různé studie na toto téma, jejímž úkolem bylo zjistit jejich informativní hodnotu a kvalitu zpracování a metod měření.

Cílem experimentální části bylo zhodnotit rozšíření vergenčních poruch na akademické půdě fakulty FBMI ČVUT, souvislost s refrakčními vadami probandů a následné porovnání výsledků s jinou další studií a s obecnými předpoklady.

Seznam použité literatury

[1] HROMÁDKOVÁ, L. *Šilhání.* 2. dopl. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 163 s. ISBN 8070132078.

[2] SYNEK, S. – SKORKOVSKÁ, Š. *Fyziologie oka a vidění.* 2. doplněné a přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014, 108 s. ISBN 9788024739922.

[3] KUCHYNKA, P. *Oční lékařství.* Praha: Grada Publishing, a.s., 2007, 768 s. ISBN 9788024711638.

[4] RABBETTS, R. *Clinical Visual Optics.* 4th edition. Edinburgh: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007, 470 s. ISBN 9780750688741.

[5] AUTRATA, R. – ČERNÁ, J. *Nauka o zraku.* 1. vyd. – dotisk. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006, 226 s. ISBN 8070133627.

[6] HORNOVÁ, J. *Oční propedeutika.* Praha: Grada Publishing, a.s., 2011, 112 s. ISBN 9788024740874.

[7] SILBERNAGL, S. – DESPOPOULOS, A. *ATLAS FYZIOLOGIE ČLOVĚKA.* 6. přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004, 448 s. ISBN 802470630X.

[8] TROJAN, S., et al. *LÉKAŘSKÁ FYZIOLOGIE.* 2. přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 1996, 496 s. ISBN 8071693111.

[9] KRAUS, H., et al. *Kompendium očního lékařství.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 1997, 360 s. ISBN 8071690791.

[10] DIVIŠOVÁ, G., et al. *Strabismus.* 2. uprav. vyd. Praha: AVICENUM, zdravotnické nakladatelství, n. p., 1990, 312 s. ISBN 8020100377.

[11] NELSON, L. – CATALANO, R. *Atlas of ocular motility.* USA: W. B. SAUNDERS COMPANY, 1989, 228 s. ISBN 0721626289.

[12] TUNNACLIFFE, A. *Introduction to Visual Optics.* 4th edition. London: abdo, 1993, 603 s. ISBN 9780900099281.

[13] http://pennstatehershey.adam.com/content.aspx?productId=117&pid=1&gid=003397 [online]. [cited 2017-12-14].

[14] ANTON, M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody.* 3. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 807013402X.

[15] EVANS, B. *Pickwell's Binocular Vision Anomalies*. 5th edition, New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007, 454 s. ISBN 9780750688970.

[16] SCHEIMAN, M. – WICK, B. *CLINICAL MANAGEMENT OF Binocular Vision.* 4th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014, 722 s. ISBN 9781451175257.

[17] ELLIOT, D. *Clinical Procedures in Primary Eye Care.* 3rd edition. Edinburgh: Butterworth Heinemann, 2007, 342 s. ISBN 9780750688963.

[18] STIDWILL, D − FLETCHER, R. *Normal Binocular Vision*. West Sussex: John Wiley & Sons [online]. 2010 [cited 2018-1-2]. DOI: 10.1002/9781118788684.app4. Dostupné z: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118788684.app4/pdf.

[19] COOPER, J., et al. *Care of the Patient with Accomodative and Vergence Dysfunction* [online]. 2011 [cited 2018-1-3]. Dostupné z: https://www.aoa.org/documents/optometrists/CPG-18.pdf.

[20] TAUB, M., et al. *Visual Diagnosis and Care of the Patient with Special Needs.* Wolters Kluwer Health [online]. 2012 [cited 2018-1-3]. Dostupné z: https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/reader.action?docID=2031822&query=.

[21] KVAPILÍKOVÁ, K. *Vyšetřování oka.* 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 87 s. ISBN 8070131950.

[22] MONTÉS-MICÓ, R. *Prevalence of general dysfunctions in binokulár vision. Annals of Ophtalmology* [online]. 2001 [cited 2018-1-6]. DOI: https://doi.org/10.1007/s12009-001-0027-8. Dostupné z: https://link.springer.com/article/10.1007/s12009-001-0027-8#citeas.

[23] OVENSERI-OGBOMO, G. – EGUEGU, O. *Vergence findings and horizontal vergence dysfunction among first year university students in Benin City, Nigeria* [online]. 2016 [cited 2018-1-6]. DOI: 10.1016/j.optom.2016.01.004. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26973217.

[24] CACHO MARTÍNEZ, P. – GARCÍA-MUÑOZ, Á., RUIZ-CANTERO, M. *Do we really know the prevalence of accomodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? Journal of Optometry* [online]. 2010 [cited 2018-1-7]. doi:10.1016/S1888-4296(10)70028-5. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3974377/#.

[25] https://www.smart-optometry.com/schober/ [online]. [cited 2018-04-28].

[26] TRŇÁKOVÁ, Markéta. *Výskyt heteroforie u ametropů v populaci studentů*. Brno, 2015. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Katedra optometrie a ortoptiky [online]. [cited 2018-5-1]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/hoxb5/Vyskyt_heteroforie_u_ametropu_v_populaci_studentu.pdf

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
AC	Akomodační konvergence
A	Akomodace
MAF	Monokulární akomodační facilita
BAF	Binokulární akomodační facilita
PFR	Pozitivní fúzní rezervy
NFR	Negativní fúzní rezervy
pD	Prizmatická dioptrie

Seznam obrázků

Obrázek 2. 1: Anatomie okohybných svalů 6
Obrázek 3. 1: Monokulární pohyby oka 9
Obrázek 5. 1: Hypermetropické oko bez korekce a s korekcí 14
Obrázek 5. 2: Myopické oko bez korekce a s korekcí 15
Obrázek 5. 3: Pravidelný astigmatismus 16
Obrázek 6. 1: Flipper 20
Obrázek 7. 1: Úchylky dynamického a paralytického strabismu při různých směrech pohledu 29
Obrázek 7. 2: Test cover/uncover pro zjištění heterotropie a heteroforie 31
Obrázek 9. 1: Histogram věkového rozložení probandů 34
Obrázek 10. 1: Výskyt heteroforie do dálky 37
Obrázek 10. 2: Výskyt heteroforie do blízka 38
Obrázek 10. 3: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Cross test s fúzním podnětem) 39
Obrázek 10. 4: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Cross test s fúzním podnětem) 39
Obrázek 10. 5: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Cross test bez fúzního podnětu do dálky) 40
Obrázek 10. 6: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Cross test bez fúzního podnětu do dálky) 40
Obrázek 10. 7: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Maddox rod test) 41
Obrázek 10. 8: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Maddox rod test) 41
Obrázek 10. 9: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Schober test) 42
Obrázek 10. 10: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Schober test) 42
Obrázek 10. 11: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Cross test bez fúzního podnětu do blízka) 43
Obrázek 10. 12: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Cross test bez fúzního podnětu do blízka) 43
Obrázek 10. 13: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s esoforií (Maddox rod test do blízka) 44
Obrázek 10. 14: Graf rozložení prizmatických dioptrií naměřených u studentů s exoforií (Maddox rod test do blízka) 44