

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

**PETRA
PRŮCHOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

Porovnání testů bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem pro vyšetření heteroforie

Comparison of tests without and with fusional stimulus for examination of heterophoria

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Petra Průchová

Vedoucí bakalářské práce: Bc. Přemysl Kučera

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Průchová** Jméno: **Petra** Osobní číslo: **487404**
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:

Porovnání testů bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem pro vyšetření heteroforie

Název bakalářské práce anglicky:

Comparison of tests without and with fusional stimulus for examination of heterophoria

Pokyny pro vypracování:

Studentka vypracuje bakalářskou práci na téma: „Porovnání testů bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem pro vyšetření heteroforie“. Popíše vývoj a teorii binokulárního vidění a objasní problematiku binokulárních anomálií s důrazem na heteroforii. Dále studentka představí postupy a testy pro vyšetření všech typů heteroforie. Studentka se zaměří na rozdíl mezi testy s fúzním a bez fúzního podnětu. Jako podklad pro praktickou část práce budou realizováno dostatečné množství vyšetření heteroforie dospělých osob získané pomocí testu bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem. Výsledky budou zpracovány a vyhodnoceny.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BENJAMIN, W. J., Borish's Clinical Refraction, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, 1694 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [2] 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
- [3] EVANS, B.J.W., Picwell's binocular vision anomalies, ed. 5., Elsevier, 2007, 454 s., ISBN 0-7506-8897-1

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Bc. Přemysl Kučera

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**


prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Porovnání testů bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem pro vyšetření heteroforie

Abstrakt:

V bakalářské práci se zabývám porovnáním testů bez fúzního a s fúzním podnětem pro vyšetření heteroforie. Součástí práce je popis binokulárního vidění, jeho vývoje a poruch, které mohou vzniknout z několika možných příčin. Jejich vysvětlení nám pomůže lépe pochopit metody a postupy, kterými se musíme při předpisu korekčních pomůcek řídit. V další kapitole jsou popsány testy s fúzním a bez fúzního podnětu, kterými odhalíme velikost disociované a asociované heteroforie, které jsou statisticky vyhodnoceny. Bylo porovnáváno, zda jsou výsledky těchto metod stejné, nebo zda se liší, a my je nemůžeme zaměnit. Výzkum probíhal na 40 pacientech po stanovení plné sférocylické korekce do dálky na vyšetřovací jednotce Pascal 3D. Každému pacientovi byly třikrát změřeny hodnoty prizmatické korekce, které byly porovnávány. Zjistila jsem, že výsledek naměřené prizmatické korekce pomocí testů na disociovanou heteroforii, stejně tak jako asociovanou heteroforii jsou zaměnitelné, a lze si z nabídky testů pro daný typ heteroforie vybrat. Naopak jsem potvrdila, že nelze zaměnit výsledek disociované a asociované heteroforie, protože naměřené hodnoty těchto typů testů se liší.

Klíčová slova:

Fixační disparita, binokulární vidění, disociovaná heteroforie, asociovaná forie, polarizační testy

Project's Thesis title: Comparison of tests without and with fusional stimulus for examination of heterophoria

Abstract:

In my bachelor thesis, I deal with comparison of tests without and with fusional stimulus for examination of heterophoria. Part of the work is a description of binocular vision, its development and disorders, which can arise from several possible causes. Their explanation will help us to better understand the methods and procedures that we must follow when prescribing corrective aids. The next chapter describes assays with fusion and without fusion stimulus, which reveal the size of dissociated and associated heterophoria, which are statistically evaluated. It compared whether the results of these methods are the same or different, and we cannot confuse them. The research was performed on 40 patients after determining the full spherocylindrical distance correction on the Pascal 3D examination unit. Prismatic correction values were measured in each patient three times and compared. I found that the result of the measured prismatic correction using tests for dissociated heterophoria, as well as the associated heterophoria, are interchangeable, and can be selected from the menu of tests for a given type of heterophoria. On the contrary, I confirmed that the result of dissociated and associated heterophoria cannot be confused, because the measured values of these types of tests differ.

Key words:

Fixation disparity, binocular vision, dissociated heterophoria, associated heterophoria, polarization tests

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce panu Bc. Přemyslu Kučerovi, za odborné vedení práce a za cenné rady, které mi při psaní poskytoval.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Porovnání testů bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem pro vyšetření heteroforie*“ 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	6
2	Binokulární vidění a jeho poruchy	7
2.1	Teorie binokulárního vidění.....	7
2.2	Vývoj binokulárního vidění	8
2.3	Znaky správného binokulárního vidění	9
2.4	Poruchy binokulárního vidění.....	10
2.4.1	Strabismus	10
2.4.2	Druhy strabismu	11
2.4.3	Amblyopie	14
2.4.4	Nystagmus	15
2.4.5	Suprese	16
2.4.6	Anizeikonie.....	16
2.4.7	Fixační disparita	17
2.4.8	Anomální retinální korespondence.....	18
3	Možnosti korekce poruch binokulárního vidění.....	19
3.1	Zrakový trénink.....	19
3.2	Prizma	21
3.3	Antikorekce.....	22
3.4	Adice.....	22
3.5	Penalizace	22
4	Testy na binokulární vidění	23
4.1	Objektivní vyšetření odchyly do dálky	23
4.1.1	Zakrývací testy	23
4.2	Objektivní vyšetření odchyly do blízka	26
4.3	Subjektivní vyšetření odchyly do dálky.....	27
4.3.1	Bez fúzního podnětu.....	27
	Křížový test	27
	Schoberův test	28

Maddoxův kříž.....	29
4.3.2 S fúzním podnětem.....	31
Hákový test.....	31
Ručičkový test	31
Stereoskopický test.....	32
4.4 Subjektivní vyšetření odchytky do blízka.....	33
4.5 Paskal 3D.....	35
5 Experimentální část	36
5.1 Úvod do experimentální části	36
5.2 Hypotéza	36
5.3 Metodika vyšetření	37
5.4 Výsledky	40
5.5 Diskuze	46
Závěr.....	47
Příloha A: Protokol měření.....	48
Příloha B: Naměřené hodnoty	50
Seznam použité literatury	51
Seznam symbolů a zkratek	54
Seznam obrázků.....	55

1 Úvod

V bakalářské práci se zaměřím na popis testů s fúzním a bez fúzního podnětu, díky kterým můžeme odhalit přítomnost heteroforie. Nejdříve popisuji jednoduché binokulární vidění jako vzájemnou spolupráci optické, motorické a senzorické složky. Obrazy z obou očí se nám musejí spojovat do jednoho výsledného, který dále naše nervová soustava zpracovává. Jedná se o schopnost fúze. Spojení sítnicových obrazů, které se tvoří v pravém a levém oku do jednoho není přirozené, ale začíná se od narození jedince vyvíjet a upevňovat přibližně do šesti až osmi let věku. Pokud nastane při vývoji porucha, začne se jedinec na vzniklou situaci adaptovat.

Projekt jsem rozdělila na čtyři části. V první části se budu věnovat teorii binokulárního vidění společně s poruchami, které mohou nastat nesprávným vývojem. Jsou to poruchy, které můžeme pozorovat při běžném pohledu nebo je musíme pomocí testů odhalit a správně vyhodnotit jejich vhodnou korekci. U některých poruch ani pacient nemusí pociťovat, že nějakou má, i když dokážeme její přítomnost.

Ve druhé části, se zaměřím na možnosti korekce poruch binokulárního vidění. Existuje několik možností korekce, které můžeme volit podle typu poruchy, věku a možnostech pacienta nebo také podle zkušeností z praxe. Je bohužel nutné si přiznat, že mnoho optometristů do své praxe základní metodu pro korekci binokulárního vidění, zrakový trénink, nezahrnují. I když by v mnoha případech byl tento postup dostačující a pacienta by zbavil nepříjemných obtíží.

Ve třetí části se zaměřím na testy, které nám nesprávné binokulární vidění pomohou odhalit, a díky kterým můžeme korigovat odchylky od správného binokulárního vidění. Také představím refrakční stereosystém Paskal 3D, se kterým budu pracovat v experimentální části.

V poslední části budu popisovat výzkum, kde budu zjišťovat rozdíly naměřených hodnot prizmatické korekce mezi testy pro disociovanou a asociovanou heteroforii.

2 Binokulární vidění a jeho poruchy

Binokulární vidění je dokonalé splynutí vjemu ze sítnice pravého a levého oka do jednoho ostrého obrazu. Dochází k tomu díky třem složkám, které se podílejí na správné funkci zrakového orgánu. Těmi jsou složka optická, motorická a senzorická. Všechny tři složky se vyvíjejí přibližně paralelně od narození jedince až do pevného ukotvení vývoje binokulárního vidění, které je mezi šestým až osmým rokem. [1]

Pokud dojde k narušení správného vývoje, vznikne anomálie. V oblasti senzorické to jsou především refrakční vady, jako jsou myopie a hypermetropie. Pokud je narušen vývoj motorické dráhy, dojde k narušení základního postavení očí, a to způsobuje šilhání. Tím je následně způsobena diplopie vnímaného obrazu, kterou se snaží korigovat senzorická složka. Adaptací, jako ochranou před diplopií, může být suprese nebo amblyopie oka. [1]

2.1 Teorie binokulárního vidění

Teorie binokulárního vidění byla popsána již velmi dávno. Za průkopníky v této oblasti považujeme starověké Řecko, kde zkoumali povahu vidění a zajímali se o to, jak světlo vstupuje do našeho oka zornicí. Mnoho řeckých filozofů, jakými byl například Platón, Ptolemaios nebo Euclidés, věřilo, že světlo opouští oko ve tvaru kužele zornicí. Aristoteles byl zase přesvědčený o tom, že čočka je primárním zdrojem vizuálních vjemů, a ty pak přenáší do mozku. V té době bylo v knize "Optics" od Euklida popsáno 60 teorií vycházejících z postulátů, které jsou založené na spojení geometrických vlastností světelných paprsků s vizuálními vjemy. Je až neuvěřitelné, že jsou jeho teorie o emisi paprsků světla z oka stále platné. [2] Pokud se podíváme na bližší historii, tak v roce 1868 byl popsán například tzv.: „Heringův zákon“, který pojednává o tom, že systém vnímání je jednoduchý, pokud existuje jeden neurologický orgán, který je schopen řídit a kontrolovat pohyby očí. [3].

Jednoduché binokulární vidění (JBV) můžeme tedy definovat jako koordinovanou činnost obou očí, za vzniku jednoduchého prostorového vjemu. Koordinace očí není samozřejmostí již od narození. Postupně dochází ke zlepšování na úrovni neurálního řízení. Nejdříve se do 2. měsíce po narození vyvine monokulární fixační reflex, teprve poté se začne vyvíjet binokulární fixační reflex. Ve 3. měsíci se již vyvíjí reflexy konvergence a divergence a jedinec dokáže

sledovat blízké i vzdálené předměty. Společně s vývojem ciliárního svalu se v tomto období vyvine také reflex akomodace a jedinec je schopen na předměty v různých vzdálenostech zaostřit. [1]

2.2 Vývoj binokulárního vidění

Ze smyslových orgánů se nejdříve vyvíjí taktilní (dotykový), vestibulární (vjem rovnováhy), propioceptivní (teplotní), sluchový a nakonec zrakový. Normální binokulární vidění není vrozené, i když některé reflexy vrozené jsou. Mezi ně patří vestibulookulární, optokinetický a pupilární reflex. Tyto reflexy se ale po narození stále vyvíjejí. Nejen reflexy, ale ani samotné oko po narození není dostatečně vyvinuté anatomicky ani funkčně. Z anatomického hlediska se až do dospělosti zvětšuje anatomie očí. Šířka oční štěrbiny je u novorozence až o polovinu menší než u dospělého jedince, u kterého vidíme i značnou část skléry. Předozadní délka oka se vyvíjí ze 17 mm až na průměrných 24 mm. V řasnatém tělísku, který se skládá z vláken hladkého svalstva jsou vyvinuté již při narození vlákna meridionální. Naopak cirkulární vlákna se vyvíjejí až později, ani sítnice není při narození plně vyvinuta. Během postnatálního vývoje dojde k přemístění světločivných buněk, ale ne ke změně jejich počtu. Čípky se přemístí z periferní části na pozici žluté skvrny a ganglionární a bipolární buňky se stěhují do periferní části sítnice. Z funkčního hlediska jsou například po narození plně vyvinuté okohybné svaly, které ale nedosahují své konečné velikosti. [1] [4] [5]

Těsně po narození je dítě schopné fixovat na pohybující se předmět na několik málo vteřin, protože jeho vidění je odkázané pouze na světločivné elementy, tyčinky, které slouží k rozeznávání světla a tmy. Pohyby očí v této fázi vývoje bývají nepravidelné nebo žádné. Plynulejšího konjugovaného pohybu je jedinec schopen ve druhém měsíci, a to i přesto, že makula ještě není zcela vyvinutá. V šestém měsíci už jsou pohyby plynulé a dítě je schopné udržet konvergenci delší dobu. V tomto období se vyvíjí i schopnost fúze, která se ustanovuje až do jednoho roku. Se zvyšující se schopností udržet konvergenci, je vyžadována potřeba ostrého vidění. Dokončen je vývoj makulární oblasti, ale řasnaté tělísko se stále ještě vyvíjí. Souběžně s vývojem akomodace a konvergence se vyvíjí i schopnost fúze, která řídí spolupráci mezi akomodací a konvergencí. Mezi devátým a dvanáctým měsícem života jedince, se upevňuje binokularita a v prvním roce života začíná jedinec vidět trojrozměrný hloubkový vjem. Do konce druhého roku věku jsou ještě oční a centrální reflexy plastické. V případě

špatného vývoje se dá zrakovým tréninkem nebo správnou brýlovou korekcí jedinci pomoci ke správnému binokulárnímu vidění, které se fixuje až do osmi let. [4] [5]

2.3 Znaky správného binokulárního vidění

Superpozice

Jednoduché binokulární vidění, nebo také simultánní percepce je nejjednodušší stupeň binokulárního vidění. Označujeme ji jako schopnost, současně vnímat sítnici pravého i levého oka. [4] [6]

Fúze

Smyslovou fúzi můžeme definovat jako vnímané sjednocení obrazů, ležících na korespondujících místech sítnice pravého a levého oka. Sítnice obou očí spolupracují jako jeden orgán, pokud jsou splněny podmínky motorické a senzorické. Podmínku motorické fúze zajišťují okohybné svaly, které stáčí bulbus oka ve směru pohledu. Senzorická fúze je zajišťována centrální nervovou soustavou. Fúzi můžeme dělit do tří kategorií v závislosti na tom, z jaké části sítnice jsou obrazy spojovány. Paramakulární oblast (*Fúze I*) spojuje obrázky rozsahem větším, než je makula. Při *Fúzi II* neboli při makulární fúzi jsou spojovány obrázky s rozsahem odpovídajícím makule a *Fúze III* je nejhodnotnější spojování obrazů foveolou. [4] [6] [7]

Objekt, který je lokalizován dvěma korespondujícími body sítnice v jednom směru, bude vnímán jednoduše a ne dvojité. Obrazy musejí být také dostatečně podobné velikostí, jase a barvou, aby mohly být senzorickou fúzí spojeny. [7]

Pro zapojení motorické fúze musí dojít k protnutí vizuálních os v Panumově prostoru. Pokud vizuální osy nedopadají na foveolu, je to stimul pro motorickou fúzi, která stočí oči tak, aby obrazy pozorovaného předmětu dopadaly přesně na foveolu. Pokud vizuální osa protíná retinu mimo foveolu, motorická fúze se snaží odchylku dorovnat a stočí bulby tak, aby vizuální osy dopadaly na foveolu. [7]

Při monokulárním pohledu je každé oko schopné vnímat obraz jednotlivě, ale pokud vnímáme binokulárně, obrazy se díky schopnosti zvané fúze překryjí a vznikne vnímání hloubky prostoru.

Stereopse

Stereoskopické vidění je takové vidění, kterým označujeme vnímání hloubky prostoru. Říkáme, že vidíme trojrozměrně. Mozková kůra dokáže spojit obrazy, které se tvoří na sítnici pravého a levého oka v jeden ostrý obraz díky tomu, že je splněna podmínka pravé stereopse, a tou je fúze. Odlišnosti obou obrazů označujeme jako binokulární disparitu. Je to přirozené a při správné fúzi obrazů nic nezaznamenáme.

Rozlišujeme hrubou a jemnou stereopsi. Hrubou stereopsi označujeme jako kvalitativní a je důležitá zejména pro orientaci a pohyb v prostoru. Jemná nebo také kvantitativní stereopse je založena na statických rozdílech a umožňuje určit hloubku prostoru. [4] [6]

2.4 Poruchy binokulárního vidění

2.4.1 Strabismus

Poruchu nazývanou strabismus můžeme definovat jako odchylku vizuálních os vůči sobě. Správné fungování očí, a tedy nepřítomnost strabismu zajišťuje motorický a senzorický mechanismus. Pokud je smyslová fúze jednoho oka pozastavena, naměříme odchylku vizuálních os. Pokud je překážka smyslové fúze odstraněna, motorická fúze se vrátí u většiny pacientů do základního postavení. [5] [8]

Základní postavení neboli orthoforii, můžeme definovat jako paralelní postavení zrakových os, při pohledu do nekonečna. Jak už ale bylo dokázáno, tak orthoforie není fyziologické postavení očí. Fyziologická motorická diplopie je 1 pdpt až 2 pdpt esoforie nebo 1 pdpt až 4 pdpt exoforie. Je však důležité, jestli má pacient obtíže, nebo žádné problémy nevnímá. Na základě odpovědí se rozhodujeme, zda přítomnou odchylku korigovat, či nikoli.

Kompenzovaná heteroforie, která je dostatečně kompenzovaná fúzními rezervami, nevyžaduje prizmatickou korekci, protože pacient nevnímá žádné obtíže. Stále je v tomto případě přítomné jednoduché binokulární vidění, stereopse a není přítomná suprese oka. V případě dekompenzované heteroforie nejsou problémy dostatečně korigovány fúzními rezervami, protože fúzní rezervy jsou nižší než velikost přítomné forie. V tomto případě má pacient obtíže, jako je bolest hlavy, nauzea, dvojité vidění, je narušeno jednoduché binokulární vidění a zde je potřeba přítomnou odchylku korigovat. Při absenci správně fungující fúze zjistíme, pomocí zakrývacích testů, přítomnou heteroforii (latentní šilhání) nebo heterotropii (manifestní šilhání). Lze také rozlišovat strabismus na konkomitující, kdy šilhající oko doprovází vedoucí oko ve všech pohledových směrech, nebo inkomitantní, který je následkem obrny jednoho nebo více okohybných svalů a úhel šilhání je v různých pohledových směrech jiný. [8]

Termín konkomitantní je odvozený z latinského slova *concomitor*, které v překladu znamená „provázet“. Znamená to, že navzdory odchylce, jedno oko doprovází druhé ve všech pohledových směrech. [8]

2.4.2 Druhy strabismu

Heterotropie

Heterotropie je manifestní odchylka, kdy nedominantní oko není udržované v základním postavení správnou fúzí. Slovo vzniklo ze slova „heteros“ – odlišný a „phora“ – přenášený. Heterotropie můžeme tedy chápat jako odvrácení vizuálních os od paralelního postavení, při kterém je porušeno binokulární vidění. Heterotropii rozlišujeme podle směru odchylky na horizontální, které jsou nejvíce běžné, vertikální a smíšené. Mezi horizontální odchylky patří exotropie a esotropie. K vertikálním odchylkám řadíme hypertropii a hypotropii a smíšené odchylky jsou kombinace výše uvedených horizontálních a vertikálních odchylek. [5] [8] [9]

Exotropie je manifestní odchylka očí, při které je jedno nebo obě oči odchylováno temporálním směrem. Pokud cover testem zakryjeme vedoucí oko, druhé oko zaujme fixaci na předmět a udělá pohyb nasálním směrem do správné ortho polohy. Po odkrytí dominantního oka, nedominantní oko začne ustupovat temporálním směrem. [8] [9]

U esotropie, jinak také konvergentní strabismus, pozorujeme odchylku jednoho nebo obou očí nasálním směrem. Pokud zakryjeme vedoucí oko, nedominantní oko začne fixovat na předmět a udělá pohyb temporálním směrem do ortho polohy. Po odkrytí vedoucího oka se však poloha nedominantního oka vrátí zpět pohybem nasálně. [8] [9]

U hypertropie je jedno oko odchýleno směrem vzhůru. Takto odchýlené oko nefixuje na pozorovaný předmět, a proto při zakrytí fixujícího oka, které je v ortho poloze, se odchýlené oko přesune do ortho polohy a fixovat začne. [8] [9]

Při hypotropii je nefixující oko odchýlené směrem dolů. Při zakrytí fixujícího oka se však do správné fixující polohy přesune. [8] [9]

Heteroforie

Heteroforie je latentní neboli skryté šilhání, které můžeme odhalit pomocí alternujících testů, při kterých střídavě zakrýváme oči. Až při zrušení fúze jsme schopni pozorovat, že oči nemají stabilní polohu a „utíkají“ nasálním nebo temporálním směrem. Heteroforii rozlišujeme na exoforii a esoforii. [8] [9]

Exoforie je stav, ve kterém se od sebe zrakové osy se odchyľují temporálním směrem. Pacient má problémy s prací na krátkou vzdálenost, protože oči nedokáží dostatečně konvergovat. Po zakrytí, vykoná zakryté oko pohyb temporálním směrem a po odkrytí se vrátí zpět do původní polohy. Při základní exoforii jsou oči v exo postavení při pohledu do dálky i do blízka. Dalším případem je insuficience konvergence neboli nedostatečnost, dát oči k sobě na blízkou vzdálenost. Při pohledu do dálky, jsou oči v základním ortho postavení. Symptomy může pacient pociťovat hlavně při práci do blízka, protože se snaží nadměrnou akomodací dostat oči víc k sobě, a to může vést po delší práci do blízka až k astenopii. Druhým případem, kdy jsou oči na jednu vzdálenost v exo postavení, je exces divergence. Zde jsou oči do blízka v základním ortho postavení, ale při pohledu do dálky jsou v postavení exo. Řešením všech těchto tří poruch, je u mladých lidí do 35 let primárně zrakový trénink a sekundárně prizmatická korekce. [5] [8] [9]

Esoforie je stav, při kterém má jedno nebo obě oči tendenci ke konvergentní deviaci. Pohledové osy se sbíhají blíže, než by měly. Při alternační testu vykoná zakryté oko po odkrytí pohyb temporálním směrem a po odkrytí se vrátí zpět do rovnovážné polohy. U základní

esoforie, jsou oči v eso postavení do dálky i do blízka. Tuto poruchu řešíme prizmatickou korekcí. Dalším případem je insuficience divergence neboli nedostatečnost pohybu očí temporálním směrem. Zde jsou oči v základním ortho postavení při pohledu do blízka a při pohledu do dálky jsou v postavení eso. Zde korigujeme deviaci také prizmatickou korekcí, ale v závislosti na věku a subjektivním vjemu pacienta, lze do řešení zahrnout i zrakový trénink. Dalším případem, může být také exces konvergence. Při takové deviaci jsou oči v eso postavení při pohledu do blízka a v základním ortho postavení při pohledu do dálky. Pacient v takovém případě akomoduje až příliš, a proto je konvergence vyšší, než by měla být. [8] [9]

Rozlišujeme také heteroforii dekompenzovanou a kompenzovanou. Pokud trpí pacient dekompenzovanou heteroforií, může trpět řadou nepříjemných obtíží, ke kterým radíme především astenopii, diplopii, neostře vidění, nepohodlné vidění, nekomfortní pocit při změně zaostření z blízka do dálky, a naopak nebo nepohodlné binokulární vidění. Tyto problémy vyšetřujeme pomocí řady testů na disociovanou a asociovanou heteroforii. Jejich vyšetřením se budu dále zabývat v experimentální části. Kompenzovaná heteroforie netrápí pacienta žádnými subjektivními obtížemi jako to je v případě dekompenzované. Je to dáno tím, že pacient má dostatečně velké fúzní rezervy, kterými je schopen heteroforii vykorigovat.

Vertikální strabismus

Mimo horizontální deviace očí, můžeme charakterizovat také vertikální odchylky. Radíme sem hypertropie a hypotropie. Je to případ manifestního neboli viditelného šilhání, kde se dá snadněji určit, které oko je šilhající, a které je vedoucí. Pokud je pravá visuální osa vyšší, jedná se o pravou hyperforii a pokud je pravá vizuální osa nižší, jedná se o pravou hypoforii. Protože odchylky visuálních os jsou relativní, může se jejich označení zdát nadbytečné. Jsou ale důležité k poznání, které oko je tím fixujícím, a které vedoucím okem. Stejně tak jako manifestní odchylky, radíme k vertikálnímu strabismu i latentní odchylky neboli hyperforii a hypoforii. [8] [9]

Torzní strabismus

Torzní strabismus jsou forie nebo tropie, které jsou podmíněny rotací bulbu kolem předozadní osy. Takovým změnám říkáme cyklovertikální odchylky, které dělíme na incyklofoii, excykloforii. Pokud se otočí vertikální meridián rohovky horním pólem dovnitř (oko provede intorzi), jedná se o incykloforii, otočí-li se zevně (oko provede extorzi), mluvíme o excykloforii. Rotaci posuzujeme vůči rovině horizontální i vertikální, ale může to být i kombinace dvou směrových změn. Mezi nejčastější poruchy patří esohyperdeviace a exohyperdeviace. Takové odchylky optometrista nevyřeší. [8] [9]

2.4.3 Amblyopie

Amblyopie označuje jednostranné nebo oboustranné snížení nejlépe korigované zrakové ostrosti, které není přímo přičítáno strukturální abnormalitě oka nebo zadním zrakovým cestám, a často znemožňuje jistou orientaci a čtení do blízka. Nejčastěji se vyskytuje amblyopie jako jednostranné onemocnění, výjimečně však může být i oboustranná. Včasně odhalení amblyopie je zásadní pro dosažení nejlepší reakce na léčbu. Rozlišujeme amblyopii při strabismu, deprivacní, refrakční a bilaterální. [4] [8] [10] [11]

Pokud se amblyopie objeví v důsledku přítomnosti strabismu, vidí pacient dvojitě. To může nastat již v době, kdy se dítě začíná pokoušet o binokulární vidění. Centrální nervová soustava, která se teprve učí přijímat signály a vyhodnocovat je, zajistí útlum jednoho oka, aby nedocházelo ke dvojitému vidění, ale k příjemnému vjemu ostrého obrazu. Začneme-li s léčbou už kolem třetího roku věku, můžeme dosáhnout zvratu k normálnímu vidění. Čím vyšší je věk dítěte, u kterého jsme odhalili amblyopii, tím je šance na zlepšení vidění potlačeného oka nižší. [4] [8] [10] [11]

Deprivacní, nebo také okluzní amblyopie nastává v důsledku přerušení vizuálních podnětů jako je například katarakta, ptóza horního víčka nebo dlouhodobý obvaz oka. Vede k hlubokému poklesu vidění, které má odezvu jen na rychlou a včasnou léčbu. [4] [8] [10]

Refrakční amblyopie je tupozrakost při rozdílném zkreslení sítnicových obrazů z pravého a levého oka. Špatné vidění přivádí pacienta časně k lékaři, a proto nebývá příliš závažná. Má

lepší prognózu než amblyopie u šilhání, ale úspěch léčby je závislý na včasné a adekvátní korekci. Korigovat můžeme čočkami kontaktními, anizeikonickými nebo nitroočními. [4] [8] [10] [11]

Nejméně častou je **bilaterální amblyopie**. Může vzniknout u dětí s vysokými hodnotami nekorigované hypermetropie, oboustranným astigmatismem nebo nystagmem. Pokud vznikne velký rozdíl ve zrakové ostrosti mezi pravým a levým okem v důsledku předepsané korekce, musíme zvolit okluzní terapii nebo farmakologickou penalizaci. [4] [8] [10]

Pro tupozraké oko je typické snížení ostrosti centrálního vidění, zatímco periferní vidění je zpravidla normální. Člověk, který má amblyopii trpí většinou i strabismem, díky kterému se na amblyopii může včas upozornit. Pokud je zvolena vhodná léčba, pacient má šanci refrakční stav tupozrakého oka zlepšit. Amblyopie nejlépe reaguje na léčbu v prvních několika letech života. Léčba trvá v řádech několika let do osmého až desátého roku věku a nesmí se ukvapeně a předčasně ukončit, protože by mohlo dojít k recidivě onemocnění. [4] [8] [10] [11]

2.4.4 Nystagmus

Hovoříme o něm, jako o pravidelném, opakovaném, rytmickém a nedobrovolném pohybu očí. Nemusí to být příčina, ale znamení různých anomálií. U tohoto onemocnění nelze s jistotou určit etiologii pouze na základě pozorování. Velké zhoršení nastane, pokud je pacient ve stresu, nebo pokud se snaží vší silou zaostřit na fixační předmět. [9] [11]

Fyziologický nystagmus lze vyvolat jako normální reakci na sledování plného pole, pohyb, vizuální podnět například při pohledu z okna jedoucího vlaku nebo stimulací rovnovážných orgánů. Je tedy indukovaný k udržení stability obrazu. Je kombinací rychlých pohybů (sakád) v jednom směru a pomalých pohybů (sledovací pohyby) ve směru druhém. Abychom při časté změně pohybů neviděli obraz rozmazaně, pomáhá udržovat stabilitu retinálního obrazu vestibulo-okulární reflex tak, že při pohybu hlavy generuje pohyb očí v opačném směru. [9] [11] [12]

Vrozený nystagmus se vyskytuje v prvních 6 měsících života. Ten, který se objeví do 6. měsíce je nystagmus s časným nástupem, a ten po 6 měsících nystagmus s pozdním nástupem.

Vzniká jako doprovodný jev vrozených stavů, jako je albinismus, aniridie nebo retinopatie nedonošených. [9] [12]

Latentní nystagmus je přítomen nejčastěji u monokulární okluze. Rychlá fáze pohybu vždy bije směrem k nekrytému oku, a proto se směr nystagmu vždy obrátí, když se okluze pohybuje z jednoho oka na druhé. Latentní strabismus je vždy doprovázen strabismem s vertikální odchylkou. [9] [12]

Získaný nystagmus se obvykle objevuje po prvních několika měsících života v důsledku patologické léze, nebo traumatu motorické dráhy u onemocnění roztroušené sklerózy či při poranění hlavy. [9] [12]

Patologický nystagmus může vzniknout jako klinický příznak mnoha periferních vestibulárních stavů, jako je vestibulární neuronitida, Ménièreova choroba a benigní paroxysmální poziční vertigo. [9] [12]

2.4.5 Suprese

Potlačení vjemu jednoho oka z důvodu špatného binokulárního vidění se nazývá suprese. Pokud je přítomná diplopie nebo rozdílná velikost sítnicových obrazů, je obranným reflexem centrální nervové soustavy potlačení vjemu jednoho oka. Tento typ suprese nazýváme patologickou supresí, která vznikla jako reakce na překážku v binokulárním vidění. Pro zjištění, zdali není jedno oko potlačeno, se využívají disociační testy, jako jsou Bagoliniho skla nebo Mallettův test. [9] [11]

2.4.6 Anizeikonie

Anizeikonie je rozdílná velikost a tvar obrazů pravého a levého oka. Rozhodující je rozdílnost zrakových vjemů. Při izeikonii jsou obrazy na sítnici pravého i levého oka stejné, ale u anizeikonie jsou od sebe rozdílné. Rozdělujeme ji na optickou, retinální a centrální.

Optická anizeikonie přirozená je daná nesouměrnou stavbou očních médií obou očí nebo nesouměrnou konvergencí očí na blízký předmět. Uměle navozená anizeikonie je způsobena brýlovou korekcí, kde záleží na optické mohutnosti brýlových čoček, jejich sklonem a vzdáleností od oka. **Retinální anizeikonie** je způsobená stranově abnormálně nesouměrným rozložením čípků na sítnici pravého a levého oka. [5] [9]

V mnoha případech se vizuální systém přizpůsobí rozdílu ve velikosti obrazů supresí jednoho oka, amblyopií, a pokud se přizpůsobit nelze, pacient pozoruje symptomy. To může být rozdvojené vidění, bolesti hlavy nebo astenopie. Pro zjištění velikosti anizeikonie se může použít eikonometr, Hákový test, Turvilův test, software Aniseikonos inspector nebo New Aniseikonos test. [9]

2.4.7 Fixační disparita

Fixační disparitu lze jinak také nazvat jako úhlovou odchylku fixace na fixační předmět. V normálním binokulárním vidění odpovídá fovea jednoho oka, centru fovee oka druhého. Této korespondenci říkáme Panumův areál, který leží na sítnici, a kde jsou dva body zobrazovány jako jeden. Stejně tak každý bod na sítnici jednoho oka, odpovídá bodu na sítnici oka druhého. Pokud se tedy začne jedno oko odchylovat, nebude subjektivně vnímána žádná diplopie, dokud se oko neodchýlí natolik, že by se obraz přesunul mimo Panumovy areály. Ty jsou v prostoru zobrazovány jako Panumův prostor, a pokud si jednotlivé body na sítnicích neodpovídají, vznikají dva odlišné sítnicové obrazy, které jsou subjektivně vnímány jako diplopie. [9] [13]

Fixační disparita je senzorický stav, který dorovná motorická fúze stočením bulbů tak, aby se pohledové osy protínaly na odpovídajících místech obou sítnic. K odchýlení oka dochází většinou tehdy, pokud je oko v dekompenzované heteroforii. Není ovšem podmínkou, že pokud objektivně zjistíme fixační disparitu, nemohou být subjektivní testy a vjemy v pořádku. [9] [13]

Nejpoužívanější test k určení detekci fixační disparity je Mallettův test. Odhalí rozdíly, které se s největší pravděpodobností vyskytnou v případě dekompenzované heteroforie. Test

má jako centrální podnět písmeno „X“, paracentrálními podněty jsou písmena „O“ a periferním fixačním podnětem je znak ve tvaru obdélníku a kolečka, která ohraničují centrální a paracentrální podněty. Tyto podněty jsou viděny oběma očima. Vyšetřovaný musí fixovat na písmeno „X“. Při nepřítomnosti fixační disparity budou monokulární obrazy pravidelně nad sebou. Při přítomnosti budou posunuty. [9] [13]

Tato vyšetřovací jednotka do dálky a blízka ovšem neměří míru odchylky, o kterou je oko odchýleno, lze to díky tomu pouze hrubě odhadnout. Měřit můžeme pomocí prizmatických dioptrií, které jsou potřebné k neutralizaci rozdílů monokulárních podnětů při fixaci na písmeno „X“. Úhel nepřesné fixace koreluje s počtem prizmatických dioptrií na zarovnání. [9]

2.4.8 Anomální retinální korespondence

Pokud vidíme jednoduchý, nezdvojený obraz, znamená to, že obrazy, které vznikají na sítnici pravého a levého oka, se spojují do jednoho. Tyto obrazy se překryjí v jeden jednoduchý zrakový vjem. To je důkaz správné korespondence odpovídajících míst na sítnici pravého a levého oka. Nazýváme to jako normální retinální korespondence. Bodový obraz na jedné sítnici odpovídá bodovému obrazu na sítnici druhé. Tento stav je přítomný u nestrabismických pacientů. [5] [9]

Při každodenním vidění dochází při pohybech hlavy k malým chybámvergence a zraková osa nemusí být správně zarovnána s objektem fixace. Tuto nepřesnost dokoriguje flexibilita fúzního vergenčního systému. Pokud by naše fúzní rezervy nedokázaly obrazy spojit, vidění by bylo dvojitě. [5] [9]

U anomální retinální korespondence odpovídá fovea na sítnici jednoho oka nefoveolárnímu bodu na sítnici druhého strabujícího oka. Z tohoto bodu se stane pseudofoveola. Při zakrytí nestrabismického oka, strabující oko obnoví svou foveolární fixaci a zlepší se jeho visus. Je to tedy neurální sensorická adaptace při dopadání zrakové osy na jiné místo na sítnici, než je foveola. U této poruchy je stále přítomno jednoduché binokulární vidění. V případě, kdy zakryjeme fixující oko a uchýlené oko nezačne fixovat foveolou, mluvíme o excentrické fixaci. V takovém případě se visus nezlepší a oko trvale fixuje pseudofoveolou. [5] [9]

3 Možnosti korekce poruch binokulárního vidění

Binokulární vidění není dokonalé. Naše oči jsou v neustálém pohybu, a proto je důležité, aby nějaký mechanismus uměl zakrýt nedostatky, které denně nastávají. Naše oči jsou od sebe vzdáleny přibližně 6 cm a každé oko se dívá na věci z trochu jiného úhlu. Jsou to takzvané disparátní obrazy. Je důležité zajistit perfektní splynutí vjemů v jeden a zakrýt odlišnosti, které jsou mezi obrazy. Lidé, kteří mají v normě fúzní rezervy, tedy jejichž spojení obrazů fúzí je v pořádku, nemají žádné obtíže. Jejich přítomné forie jsou dostatečně kompenzovány fúzními rezervami. Někteří mají však přítomné forie větší, než jsou jejich fúzní rezervy a ty je potřeba korigovat. [9]

3.1 Zrakový trénink

Zrakový trénink používáme v případě, kdy se domníváme, že by se mohl vylepšit binokulární zrakový vjem. Většina testů je nenáročná na pomůcky, a proto dobře vyškolený pacient může trénovat sám doma. Je několik rozhodujících faktorů pro úspěšnost výsledku zrakového tréninku, a to je především věk a motivace pacienta. [9] [10]

U starších pacientů, u kterých je oční čočka tužší je zrakový trénink mnohdy neefektivní řešení. Motivace, jakou pacient má, je také neopominutelná pro úspěch. Pokud člověk něco dělat nechce, nikdy nemůže nic změnit. Má-li pacient dostatečnou motivaci, je to polovina úspěchu. Několik optometristů již zažilo úspěch i přesto, že prognóza nebyla příznivá. Oproti tomu dokážou relativně dobré prognózy selhat, právě na absenci motivace a nedostatečném tréninku. Trénink probíhá 4 až 6 měsíců, aby bylo dosaženo pozitivních výsledků a aby se vybudované fúzní rezervy zrakovým tréninkem uchovaly, je důležité s tréninkem nikdy úplně nepřestat. [9] [10]

Brockovo vlákno

Nejjednodušším, může být pro začátek trénink s Brockovým vláknem. Zde se pacient naučí oči od sebe rozbíhat a zase sbíhat přibližně od 5 cm do 6 m. Principem, je sledovat vlákno na jednom kraji a pomalu se přesouvat na okraj druhý. Pokud fixujeme bližší konec, druhý je rozdvojený. To je příznak fyziologické diplopie. Tímto testem se trénuje vergence, akomodace a přesné pohyby očí. [9] [10]



Obrázek 1: Brockovo vlákno [10]

Metoda Tři kočky

Na papíře ve vzdálenosti 40 cm před sebou máme vedle sebe dva podobné neúplné obrázky. Pokud trénujeme exoforii, je mezi papírem a obličejem fixační bod v podobě tužky. Aby byl viděn jeden úplný obraz, je důležité sledovat oba obrázky současně. Lze díky tomuto testu odhalit případnou supresi oka. Pacient fixuje tužku, která nesmí být rozdvojená a mění s ní vzdálenost. V jednom bodě uvidí tři kočky. Kočka uprostřed bude kompletní a dvě kočky budou rozmazané. Pro trénink esoforie máme nekompletní obrázky na průhledné folii a sledujeme vzdálený bod, který nesmí být rozdvojený. Nejprve jsou viděny čtyři kočky, pak tři, přičemž ta uprostřed je nejostřejší a kompletní. Docílíme tím akomodace na bližší vzdálenost, než je konvergence. [9] [10]



Obrázek 2: Zrakový trénink fyziologické diplopie metodou "Tři kočky" [9]

3.2 Prizma

Prizma, je optický klín, skládající se z báze a vrcholu. Paprsek, který prochází tímto optickým hranolem se vždy láme směrem k bázi. Při jeho předepisování do brýlové korekce se tedy musí určit správný směr báze. Síla jednoho prizmatu posune obraz o 1 cm na vzdálenost jednoho metru. [14]

Jinými slovy je prizma jednotka odchylny světelného paprsku vlnové délky 587,6 nm. Řecký symbol pro znázornění je delta Δ . [15]

V případě, kde by zásadně nepomohl zrakový trénink a pacient má subjektivní pocit rozdvojeného vidění, optometrsta předepisuje prizma. Zrakový trénink by nepomohl například u základní esoforie, tedy postavení očí eso do blízka i do dálky, nebo při insuficienci divergence, kdy jsou oči v neustálé konvergenci a nechtějí do základního ortho postavení.

Známe několik možných druhů prizmatických čoček, které se liší materiálem a vlastnostmi. Prizmata zhotovená ze skla označujeme jako Tellerova prizmata, jejichž hlavní nevýhodou je, že v případě vyšších hodnot prizmatické korekce jsou silná a těžká. Pacientovi je tedy brýlová korekce s takovými brýlovými čočkami nekomfortní. Opakem jsou prizmata z umělé hmoty, které nazýváme Wafferova prizmata. Ta jsou naopak lehká a plochá. Pro vyšetření se používají prizmatické fólie nazývané Fresnelovy čočky. [14]

Pokud je přítomná horizontální i vertikální odchylna, je lepší předepsat ekvivalentní šikmé prizma pro jedno oko, než horizontální prizma před jedno a vertikální prizma před druhé. [15]

3.3 Antikorekce

Pomocí antikorekce můžeme kompenzovat dekompenzovanou heteroforii. Díky tomu, že dioptrické čočky o různé hodnotě dioptrií, mají schopnost sbíhat a rozbíhat paprsky. Je to sférické řešení, které cílí na navození akomodace a konvergence. [9]

Esoforii lze vyřešit díky spojné čočce, která paprsky sbíhá. Exoforii vyřešíme při předložení čočky rozptylné, která z rovnoběžných paprsků vytvoří paprsky rozbíhavé. [9]

U některých mladých hypermetropů existuje vztah, mezi esoforií a nevykorigovanou hypermetropií. Je důležité, před korigováním heteroforie, provést plnou refrakci. Správná korekce může ovlivnit velikost i nepříjemné příznaky heteroforie. [9]

3.4 Adice

Plusový přídavek do blízka se obecně nejčastěji používá u presbyopických pacientů, u kterých není oční čočka natolik pružná, aby dostatečně akomodovala na předměty v blízké vzdálenosti. V takovém případě se předepisuje plusový přídavek do blízka k potřebné korekci na dálku. Nelze provádět refrakci pouze na blízkou vzdálenost. Hodnota korekce na blízkou vzdálenost je závislá na perfektně provedené refrakci do dálky. [9]

U akomodačních poruch lze plusového přídávku do blízka také využít do předepsané korekce. Používá se především u insuficience akomodace, kdy oči nejsou schopny akomodovat, a také u excessu konvergence, kde naopak oči akomodují až příliš a způsobují tak esotropii. [9]

3.5 Penalizace

Penalizace bývá posledním řešením, pokud nepomohly s diplopií výše uvedené metody korekce. Tímto řešením se lze zbavit diplopie jako symptomu. Penalizaci provádíme buď okluzorem nebo opakním mléčným sklem. [9] [16]

Penalizace jednoho oka může být v případě amblyopie metodou korekčního řešení. V případě, že je včas detekována (nejlépe do dvou let věku), předepíše oční lékař dítěti okluzor. Ten dítě nosí na oku s lepším visem u mírné amblyopie 2 hodiny denně. U těžkých amblyopií je to 6 hodin denně. Přesné pokyny však vždy určí oční lékař. Touto metodou se zabývá pleoptika. [9] [10]

4 Testy na binokulární vidění

4.1 Objektivní vyšetření odchytky do dálky

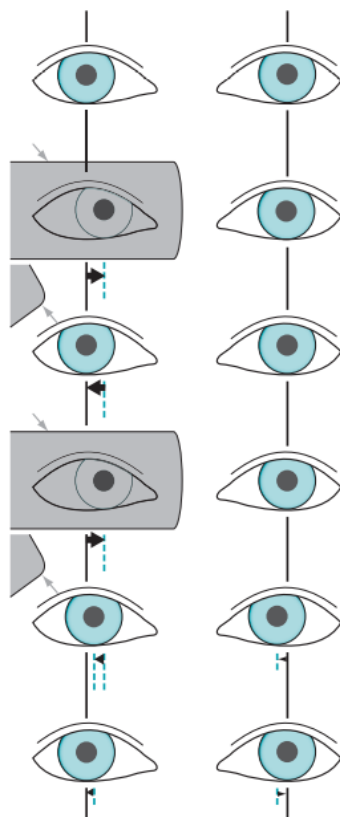
Objektivní vyšetření pomocí cover-uncover zakrývacích testů je jednoduchá a rychlá metoda, která nám pomůže zjistit vzájemné postavení očí, detekovat případné heteroforie nebo heterotropie a podá informace o jejich směru a přibližné velikosti.

4.1.1 Zakrývací testy

Zakrývací testy jsou jedním z nejdůležitějších diagnostických testů, které se používají v optometrické praxi. Testy jsou založeny na disociaci obrazu pravého a levého oka a jsou průkazné při latentní i manifestní odchytky. Jedná se o přesné a rychlé vyšetření. [9] [10] [17]

Cover-uncover test

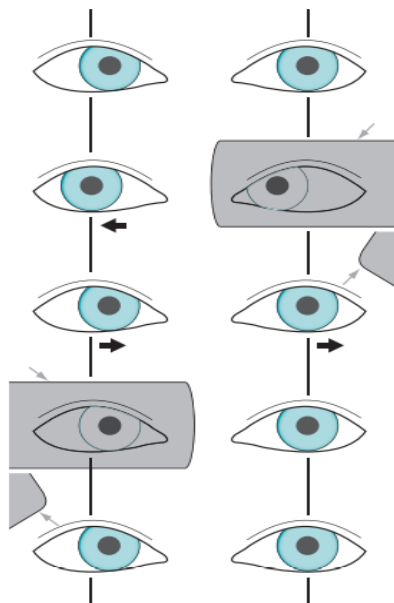
Jedná se o objektivní test, díky kterému rozlišíme heteroforii od strabismu, a to díky viditelné odchytky odkrývaného oka. Test vyžaduje zkušenosti, které lze získat neustálým aplikováním v praxi. Princip spočívá v zakrytí a odkrytí každého oka postupně, zatímco druhé oko fixuje na písmeno na optotypu do blízka, nebo do dálky. Pokud zakryjeme jedno oko, sledujeme, zda druhé oko vykoná nějaký pohyb. Podle směru pohybu lze určit, o jakou heterotropii se jedná. Vykonáním pohybu máme potvrzenou přítomnost heterotropie, tedy, že jedno oko převzalo fixaci na podnět za oko, které jsme zakryli. Pokud je krytka na zakrytém oku odstraněna, sledujeme oko, které bylo zakryté. Jakýkoli pohyb tohoto oka naznačuje, že bylo odchýleno a po odstranění krytky se obnovilo a začalo fixovat na předmět. Při aplikování testu do dálky, standardně na vzdálenost 6 m, by měl pacient sledovat písmeno na optotypu o velikosti nad prahem zrakové ostrosti oka. Opakujeme také v obvyklé pracovní vzdálenosti do blízka, která je 40 cm. [9] [10] [17]



Obrázek 3: Zakrývací test u pravostranné esofovie [9]

Alternující test

Forma střídavého zakrývání pravého a levého oka nám odhalí, jestli je přítomná heteroforie. Při střídavém zakrývání sledujeme vždy odkrývané oko a jeho pohyb. Směr a velikost pohybu nám určí druh heteroforie. Test provádíme na optotypu do dálky ve velikosti nad prahem zrakové ostrosti pacienta a stejně tak do blízka v běžné pracovní vzdálenosti. Pokud nedojde k žádnému zjevnému pohybu, je třeba oči pozorovat, zda nedojde k pohybu po konečném odkrytí obou očí. [9] [10] [17]



Obrázek 4: Zakrývací alternující test u pravostranné esotropie [9]

Phi test

Pokud dojde k odchylce, ať už u heteroforie, nebo u heterotropie, pacient pozoruje zjevné uskočení fixačního bodu při přenosu krytu z jednoho oka na druhé. Tento skok nazýváme jako „phi“ skok. U konvergentních odchylek bude pacient pozorovat uskočení obrazu ve směru proti pohybu zakrytí. Pokud přeneseme krytku z pravého oka na oko levé, pacient bude vnímat pohyb fixačního podnětu vpravo. Tento skok může eliminovat prizma. Phi test vyžaduje opakované zakrytí, obvykle při alternujícím zakrývacím testu. U divergentních odchylek bude pacient pozorovat uskočení obrazu ve stejném směru jako je pohyb krytky. [9]

Hirschbergův test

Hirschbergův test kvantifikuje množství přítomného strabismu na základě polohy světelného reflexu rohovky. Strabismus způsobí rozdílný jas, tvar, velikost a polohu rohovkového reflexu. Každý 1 mm v rozdílné poloze reflexů znamená 22 pdpt. Metoda se poléhá na měření decentrace světelného reflexu rohovky, ze kterého se určuje úhel strabismu. Tato metoda je ale poměrně nepřesná, a proto bychom pro přesnější měření velikosti heteroforie měli zvolit spolehlivější metody. [7] [9] [10] [18]

Krimsky test

Krimského test používá pro určení velikosti přítomného strabismu prizmatické lišty, kterými se snaží přítomný strabismus korigovat. Množství prizmatických dioptrií potřebných k dokorigování strabismu představuje úhel vychýlení. Tato metoda je přesnější než Hirschbergův test, ale jedná se pouze o přibližnou hodnotu, která přítomný strabismus vykoriguje. [7] [9] [10] [18]

4.2 Objektivní vyšetření odchyly do blízka

Zakrývací testy

Objektivně lze změřit velikost heteroforie do blízka pomocí zakrývacích cover-uncover testů. Tato metoda je rychlá a nenáročná na vybavení. Provádíme nejdříve zakrývací cover-uncover test, kdy střídavě zakrýváme a odkrýváme jedno oko, zatímco pacient fixuje na optotyp ve vzdálenosti 40 cm. Sledujeme, zda oči vykonají pohyb nebo ne. Vyrovnávací pohyb odkrytého oka značí přítomnost heterotopie. [9] [10] [17]

Druhým zakrývacím testem je alternující test, při kterém střídavě zakrýváme pravé a levé oko. Sledujeme pohyb odkryvaného oka, který značí přítomnost heteroforie.

Tato metoda výborně slouží ke sledování očních pohybů při strabismu a ke studiu heteroforií a heterotropií. [9] [10] [19]

4.3 Subjektivní vyšetření odchytky do dálky

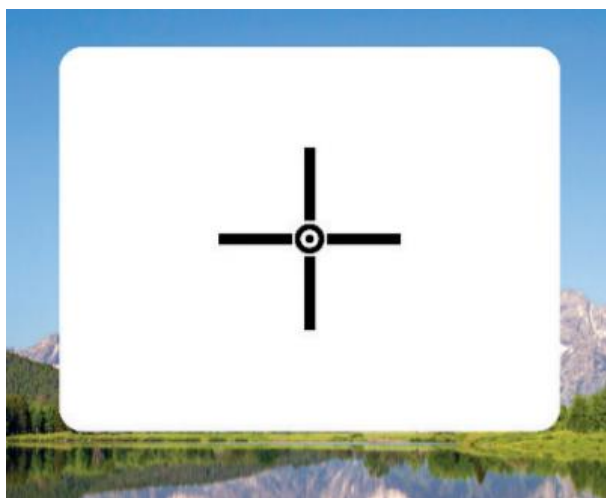
U každého pacienta, který přijde na vyšetření aktuální zrakové korekce, se nejprve měří sférocylická korekce. Kvůli špatné sférocylické korekci může pacient pociťovat nepříjemné obtíže, jakými může být astenopie nebo nauzea. S plnou korekcí do dálky je pacient vyšetřován na přítomnost heteroforie, která se vyšetřuje pomocí testů s fúzním nebo bez fúzního podnětu.

4.3.1 Bez fúzního podnětu

Na testech bez fúzního podnětu měříme plnou přítomnou disociované heteroforie. Plná korekce však nemusí být pro pacienta pohodlná, a proto jsou více používány testy s fúzním podnětem, kde naměříme jen zarovnávací počet prizmatických dioptrií.

Křížový test

Před použitím tohoto testu, je nutné, aby byla provedena úplná monokulární korekce bez binokulárního vyvážení. “K“ test existuje ve dvou formách – bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem. Při předložení testu se ptáme vyšetřovaného, zda vidí svislá a vodorovná ramena kříže současně, zda jsou stejně kontrastní a jestli tvoří stále symetrický kříž. Pokud tomu tak není, pomocí korekčních prizmat se snažíme dosáhnout základního postavení pravidelného kříže. Prizma vkládáme vždy bází proti směru úchytky, tedy ve směru uskočení obrazu. Tímto testem lze korigovat jak odchytku vertikální, tak horizontální. [11] [20] [21]



Obrázek 5: Křížový test s fúzním podnětem [21]

Schoberův test

Test se skládá ze dvou zelených kružnic a červeného kříže, který je uprostřed těchto kružnic. Důležitou roli mají barevné filtry, které předkládáme do zkušební obruby. Představujeme zpravidla červený filtr před pravé oko a zelený filtr před levé oko. Pravým okem pacient vidí červený kříž a levým okem vidí dvě zelené kružnice. Směr posunu kříže nám ukáže, kterým směrem budeme vkládat bázi prizmatické dioptrie. Velikost ramene kříže je rovno jedné prizmatické dioptrii, stejně tak jako vzdálenost mezi koncem ramene kříže a vnitřní kružnicí a oběma kružnicemi navzájem. Vkládáme postupně od jedné prizmatické dioptrie nejprve v horizontálním směru. [11] [20]

Vyšetřovaný pozoruje červený kříž a jeho pohyb. Pokud se nikam nepohybuje, není detekovaná žádná odchylka a pacient má orthoforii. Pokud se kříž pohybuje vpravo, jedná se o esofoii, pokud vlevo, jedná se o exofoii. V případě přítomnosti vertikálních odchylek se kříž uchyluje směrem nahoru nebo směrem dolů. [11] [20]

Můžeme vyšetřovat také pomocí Schöberova testu s polarizací, kde nepoužíváme červenozeleňé filtry, ale polarizační předsádky. [20]



Obrázek 6: Schoberův test [21]

Maddoxův kříž

Maddoxův kříž se skládá z horizontální a vertikální stupnice čísel, které společně tvoří kříž, v jehož centru je bodový zdroj světla. Pacientovi předložíme Maddoxův cylindr, nejčastěji vyrobený z rubínového skla, zpravidla před pravé oko do zkušební obruby a zajistíme, aby byl ve správné vzdálenosti naproti Maddoxově kříži. Pokud jsou rýhy v Maddoxově cylindru horizontálně, pacient vidí svislou linii, která při orthoforii prochází bodovým světlem, na které pacient fixuje. Posun linie na levou nebo pravou část číslované stupnice nám udává velikost přítomné heteroforie. [8] [20]

Již v roce 1920 zveřejnil Maddox své poznatky o velikosti předpisu pro korigování heteroforií. Tyto hodnoty získal při změření úhlu okoohybných funkcí pomocí Maddoxova cylindru na Maddoxově kříži. Nedoporučuje však v každém případě předepsat plnou korekci heteroforie. U esoforie doporučuje předepsat 2/3 korekce na dálku a plnou korekci do blízka. U exoforie pak doporučuje předepsat 1/2 nebo 1/3 naměřené korekce do dálky a do blízka poté 1/4 naměřené korekce. Je nutné podotknout, že tyto hodnoty jsou dnes již překonané a nelze se jimi stoprocentně řídit. [20]

Von Graefeho metoda

Cílem tohoto testu je změřit horizontální a vertikální odchylku při zrušené fúzi. Pacient musí během testu fixovat na vzdálený optotyp (zpravidla ve vzdálenosti 6 m) ve velikosti jakou bez obtíží přečte. Fúze se zruší předložením prizmatického hranolu 6 pdpt BU a 6 pdpt BD. Přesvědčíme se, zda pacient vidí pravým okem horní řádek a levým okem řádek dolní. Pacient porovnává, zda jsou písmenka dvou řádků přesně nad sebou nebo ne. Pokud jsou, není přítomná žádná odchylka. Pokud nejsou, přidáváme korekční prizmatické čočky do zkušební obruby pro dokorigování. V horizontálním směru přidáváme po 1 pdpt, ve směru vertikálním po 0,5 pdpt. Poté, co jsou řádky pravidelně nad sebou, vyjmemme prizmatické hranoly o velikosti 6 pdpt ze zkušební obruby před pravým a levým okem. Korekce, která v obrubě zůstala, je vhodná pro korekci přítomné heteroforie. Metoda von Graefe není při aplikaci srovnatelná například s výsledky zakrývacích testů, protože pacientům je stanovena větší exoforie. [7] [9] [10] [22]

Bagoliniho skla

Pomocí Bagoliniho skel je možné vyšetřit přítomnost heteroforie do dálky nebo přítomnost suprese oka. Výhodou je, že tato metoda není náročná na vybavení. Jsou potřebná dvě paralelně rýhovaná skla, která předkládáme před pravé oko s rýhami v ose 45° a před levé oko s rýhami v ose 135° . Druhou potřebnou pomůckou je bodový zdroj světla. Pacient sleduje bodový zdroj světla s optimální korekcí do dálky a předsazenými Bagoliniho skly a vidí dvě linie, které jsou v ose kolmo k orientaci rýhy. Pokud není přítomná horizontální ani vertikální odchylka, je viděn kříž, jehož průsečík je ve zdroji světla. S přítomností odchylky, mohou být linie viděny deformované, zkrácené nebo posunuté horizontálním nebo vertikálním směrem. Pokud pacient vidí pouze jednu linii, je jedno oko v supresi. Bagoliniho skly můžeme také odhalit oční torzi. [10] [23]



Obrázek 7: Bagoliniho skla [24]

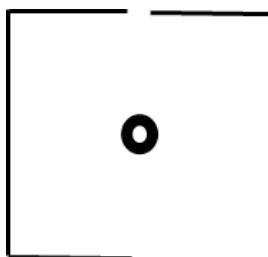
4.3.2 S fúzním podnětem

Díky testům s fúzním podnětem jsme schopni vyšetřit asociovanou forii, neboli počet prizmat, které zarovnají test s fúzním podnětem. V anglické literatuře je nahrazen termínem aligning prism (zarovnávací prizma).

Hákový test

Tento test má uprostřed nepolarizovaný střed, který je vnímán oběma očima a dva stejně velké polarizované háky. u tohoto typu testu můžeme ověřovat vertikální odchylky a rozdílné velikosti obrazů vytvořených na sítnici. Také slouží ke korekci fixační disparity II. stupně. [20]

Vyšetřovaný pozoruje nepolarizovaný střed, který je vidět oběma očima a porovnává, zda jsou háky okolo stejně velké a pravidelné. Ve velikostech sítnicových obrazů se mohou jevit rozdíly až do šířky háků jako nevýznamné, protože je lze většinou dobře spojit správnou fúzí. [20]



Obrázek 8: Hákový test [vlastní archiv]

Ručičkový test

Skládá se z nepolarizovaného fúzního podnětu v podobě malé kružnice, která se nachází uprostřed. Z ní vystupuje dvoupólová ručička, která ukazuje ke dvěma stupnicím. Stupnice a ručička jsou vůči sobě opačně polarizované, takže jedno oko vidí ručičku a druhé oko vidí stupnici. [20]

Pacient se dívá na fúzní podnět a porovnává, zda ručička ukazuje na horní i dolní stupnici na středy stupnic a zda nejsou posunuté od fixačního bodu pryč. Pokud pacient vidí ručičku stočenou o stejný úhel v horní i dolní části, nelze toto stočení korigovat optickými pomůckami.

K tomuto jevu může dojít také tehdy, pokud není správně stanovená binokulární sférocylická korekce. Často dojde po upravení sférocylické korekce na dálku i k vyrovnání postavení ručiček. [20]

Analogický test má ještě navíc vodorovnou dvoupólovou ručičku, která zdůrazňuje horizontálně-vertikální fixační disparitu. Jedná se už o test, který se řadí mezi testy rozšířené. [20]



Obrázek 9: Ručičkový test [25]

Stereoskopický test

Tento testy využíváme k jemnému dokorigování vhodné prizmatické korekce a pro prověření správné stereopse. Skládá se z černého fixačního bodu uprostřed, který je nepolarizovaný a dvou šipek nad ním. Vyšetřovaný sleduje černý bod a posuzuje, zda jsou trojúhelníky v jedné linii nad a pod ním. [20]



Obrázek 10: Stereoskopický test [vlastní archiv]

4.4 Subjektivní vyšetření odchyly do blízka

Po změření plné sférocylindrické korekce a vyšetření přítomnosti heteroforie do dálky, měříme i velikost heteroforie do blízka.

Von Graefeho metoda

Při použití této metody pro vyšetření do dálky pacient fixuje na optotyp, při použití do blízka je vhodnější využít Howellovu tabuli, která umožňuje kvantifikaci heteroforie do blízka. Je to přímka rozdělená na žlutou a modrou polovinu. Uprostřed je nulová hodnota se šipkou, na žlutém rameni přímky jsou sudá čísla a na modrém rameni čísla lichá. Do zkušební obruby předkládáme prizmatické hranoly 6 pdpt BU a 6 pdpt BD stejně jako při vyšetření do dálky, pacient vidí pravým okem horní stupnici a levým okem stupnici dolní. Fixuje na Howellovu tabuli a prezentuje, zda šipky ukazují na sebe. Pokud ano, znamená to, že není přítomná heteroforie do blízka. Pokud ne, korigujeme takovou velikostí prizmatu, na kterou ukazuje šipka a vkládáme ve směru posunu stupnice. U presbyopických pacientů je tato metoda přesnější, než u nepresbyopických pacientů. [7] [9] [10] [22]

Mechanická separace obrazu

Mechanické oddělení obrazů do blízka se aplikuje pomocí neprůhledné desky, která je umístěna mezi oči pacienta a je dlouhá až ke sledovaným obrazům, které pacient fixuje. Promítané obrázky jsou disparátní, každý je trochu z jiného úhlu, a to tvoří dohromady jeden prostorový vjem. Na korespondující místa na sítnici pravého a levého oka dopadají odpovídající si obrazy. Výsledný vjem je tedy prostorový s obráceným stereoskopickým efektem. [26]

Thoringtonův test

Thoringtonova metoda pro vyšetření heteroforie do blízka je založena na principu disociace pomocí Maddoxova cylindru. K testu je potřeba ještě Thoringtonova karta, kterou má pacient ve vzdálenosti 40 cm před sebou. Ve středu karty se nachází světelný fixační bod, který pacient fixuje a v pravé části je řada čísel, v levé části je řada písmen. Před pravé oko se do korekční

obrubby vloží Maddoxův cylindr s vodorovně orientovanými rýhami a pacient vidí svislou světelnou linii, u které popisuje, ve které části karty se nachází. Pokud linie protíná část karty s číslicemi, jedná se o esoforii, pokud protíná část karty s písmeny, jedná se o exoforii. V případě, že linie protíná světelný fixační bod, má pacient ortoforii. [10] [27]

Mallettův test

Tato metoda potřebuje pro vyšetření heteroforie Mallettovu jednotku do blízka, která je umístěna před pacientem ve vzdálenosti 40 cm. Stejně jakou u metody do dálky má pacient ve zkušební obrubě polarizované předsádky pro disociaci obrazu a sleduje písmeno X, které je uprostřed. Díky periferním, paracentrálním a centrálním fúzním podnětům dokáže velmi přesně Mallettova jednotka odhalit přítomnou heteroforii, lze díky němu určit minimální sílu prizmatické korekce, která je potřebná ke korekci heteroforie. [10] [28]

Křížový test

Křížový test s fúzním podnětem lze vyšetřovat jak do dálky, tak do blízka. Jeho použití je stejné jako u křížového testu do dálky s tím, že pacient má test ve vzdálenosti 40 cm před sebou. Ve zkušební obrubě má pacient předsazené polarizační předsádky a fixuje na bod uprostřed kříže. Vyšetřujícímu popisuje, kde se nacházejí ramena kříže a na základě této informace, vyšetřující přítomnou heteroforii koriguje. [11] [20]

4.5 Paskal 3D

Paskal 3D je refrakční stereosystém, který byl v roce 2014 představen německou společností IPRO GmbH. Umožňuje vyšetření zrakových funkcí jak za monokulárních, tak i binokulárních podmínek. Princip, na kterém je Pascal 3D založen, spočívá v disociaci obrazu pravého a levého oka, která je zajištěna cirkulární polarizací. Hlavní předností je možnost, vyšetřit monokulární refrakční stav oka za binokulárních podmínek, čímž je navozován a stimulován normální stav vidění. [21]

Základem vyšetřovacího systému je LCD monitor, který slouží jako zdroj pro zobrazení 3D optotypů. Je to speciální monitor neboli 3D televizor, umožňující zobrazení v 3D režimu s využitím cirkulární polarizace. Vybraný televizor musí být kompatibilní se systémem Paskal 3D a musí mít optimální velikost a rozlišení obrazu vzhledem k vyšetřovací vzdálenosti od pacienta. Pro splnění ideálních vyšetřovacích podmínek musí být optotyp nastaven do výšky očí pacienta. Řízení celého systému je zajištěno speciální aplikací vyvinutou pro tablety značky Apple iPad. [21]

Pro samotné monokulární vyšetření za binokulárních podmínek je nutné, předložit pacientovi cirkulární polarizační filtry, které rozdělují vjem pravého a levého oka. Filtry jsou součástí vyšetřovací sady kompatibilní se zkušební obrubou nebo jako polarizační předsádky, které jsou součástí foropteru. [21]

Programové vybavení se skládá z více než 80 testů, rozdělených do devíti kategorií. Pro efektivní způsob refrakce si vyšetřující může sestavit svou individuální řadu testů, které si lze poskládat podle svých preferencí či potřeb pacienta. Pro prohloubení stereoskopického vjemu a tím i navození co možná nejpřirozenějšího pohledu do dálky je pro pozadí vybrán 3D obraz. Pokud by byl pro pacienta 3D obraz nevhodný nebo nepříjemný, lze zvolit také mezi 2D obrazem nebo čistě bílým neutrálním pozadím. [21]

Experimentální část budu provádět právě na přístroji Paskal 3D, na kterém využiji škálu testů na měření heteroforie. Polarizací nijak nenarušíme refrakční rovnováhu, takže jsou výsledky přesné jako na běžném nepolarizovaném optotypu a pacient je z takového vyšetření okouzlený, protože je to pro něho zážitek.

5 Experimentální část

5.1 Úvod do experimentální části

Cílem experimentální části bakalářské práce bylo zjistit rozdíly mezi jednotlivými testy pro vyšetření disociované heteroforie a asociované heteroforie.

V této části bakalářské práce představím výsledky měření a stanovím hypotézy. Dále popíšu metodiku měření a posloupnost, jak jsem postupovala při vyšetření pacientů. Výzkumu se účastnilo 40 pacientů různého pohlaví, věku a s různými refrakčními vadami. V poslední části budu diskutovat výsledky.

5.2 Hypotéza

Předpokládám, že výsledky u testů s fúzním podnětem budou reprodukovatelné a velikost prizmatických dioptrií bude u všech tří vyšetření obdobná. Tento můj předpoklad potvrzuje i Alhassan [29] (2015), který zkoumal výsledky testů u symptomatických a asymptomatických pacientů na hákovém a křížovém testu stejně jako já a k tomu ještě na bodovém a dvoubodovém testu ze skupiny MKH testů. Výzkum prováděl na 34 symptomatických a 40 asymptomatických pacientech. Závěrem uvedl, že provedený výzkum potvrdil v 95 % případů shodný výsledek mezi testy.

Stanovuji hypotézu H_{01} : Výsledky u testů na měření disociované heteroforie jsou stejné.

Alternativní hypotéza H_{A1} : Výsledky u testů na měření disociované heteroforie nejsou stejné.

Stanovuji hypotézu H_{02} : Výsledky u testů na měření asociované heteroforie jsou stejné.

Stanovuji hypotézu H_{A2} : Výsledky u testů na měření asociované heteroforie nejsou stejné.

Stanovuji hypotézu H_{03} : Hodnoty asociované heteroforie dosahují na témže subjektu stejných hodnot jako disociovaná heteroforie.

Stanovuji hypotézu H_{A3} : Hodnoty asociované heteroforie nedosahují na témže subjektu stejných hodnot jako disociovaná heteroforie.

Hypotézy budu hodnotit na základě 5% hladině významnosti s použitím neparametrické metody Wilcoxonův párový test.

5.3 Metodika vyšetření

Začátku vyšetření předcházela rozhovor o osobní, rodinné a pracovní anamnéze pacienta, protože některé symptomy mohou naznačit, jakým směrem bude vyšetření dále pokračovat. Zajímalo mě především, zda pacient trpí bolestmi hlavy, migrénami, rozdvojeným viděním nebo zda v dětství nosil okluzor.

Následovalo vyšetření naturálního visu pomocí optotypu a jeho hodnotu jsem zaznamenala do protokolu. Tento výsledek nám může ukázat, jaké hodnoty refrakčního deficitu můžeme předpokládat. Nejdříve jsem naturální visus měřila monokulárně a poté binokulárně. Pokud používal pacient dosavadní korekci, měřila jsem i visus s touto korekcí.

Po změření naturálního visu a visu s dosavadní korekcí jsem přešla na měření nejlepší sférické korekce. Je to měření hodnoty ametropie neboli hodnota nejvyšší plusové korekce a zároveň nejnižší minusové korekce. Měření nejlepší sférické korekce provádíme pomocí spojných a rozptylných čoček z brýlové skříně na optotypu a pomocí Jacksonova zkříženého cylindru měříme hodnotu cylindrické korekce na bodovém testu.

Naměřené hodnoty jsem si nadále ověřila pomocí akomodačního vyvážení, které jsem prováděla pomocí Osterbergova testu a výslednou korekci jsem zaznamenala do protokolu. S touto korekcí jsem dále přistoupila k měření velikosti heteroforie.

Začala jsem s měřením disociované heteroforie pomocí Schoberova testu a K-testu bez fúzního podnětu. Disociovaná heteroforie nám ukáže plnou hodnotu prizmatických dioptrií, které jsou za potřebí k vyrovnání daného testu. Motorika se u tohoto typu testu bez fúzního podnětu dokáže nejvíce uvolnit, a proto bývá hodnota prizmatických dioptrií z těchto typů testů vyšší než u testů s fúzním podnětem. Výsledky můžeme použít jako vstupní informaci pro

začátek zrakového tréninku. Schoberův test se nejčastěji používá jako anaglyfní metoda, kde je vjem pravého a levého oka rozdělen pomocí červeného a zeleného filtru. Pacient tedy vidí pravým okem červený kříž a levým okem dvě zelené kružnice. V oční optice, kde jsem prováděla svůj výzkum, jsem měla možnost použít polarizovaný Schoberův test, takže vjem pravého a levého oka byl rozdělen pomocí kruhových polarizačních předsádek a kříž i kružnice mají černou barvu. K-testem bez fúzního podnětu jsem změřila stejně jako na Schoberově testu velikost a směr disociované heteroforie. Oba testy nám slouží pro změření rychlé fúznívergence, která nastane bezprostředně poté, co pacientovi test předložíme. Pokud bychom při jednotlivých testech čekali, zda se test po čase nezarovná bez přidání prizmatických dioptrií, měřili bychom pomalou fúzní vergenci.

Po naměření velikosti disociované heteroforie, jsem měřila velikost heteroforie asociované. Tu můžeme také nazývat jako přidruženou. Měříme ji na testech s fúzním podnětem a já jsem si pro její měření vybrala K-test s fúzním podnětem a hákový test. Výsledný počet prizmat, který slouží pro zarovnání testů na změření asociované heteroforie, je podnětem pro předpis prizmatické korekce a slouží k odhalení přítomné fixační disparity. Hákový test slouží ještě navíc ke zjištění přítomnosti anizeikonie. Pokud je přítomná, pacient uvádí, že velikosti háků jsou rozdílné.

Pro konečné dorovnání prizmatické korekce jsem jako poslední test zvolila stereoskopický trojúhelníkový test, který jsem provedla po změření disociované a asociované heteroforie. Pacient fixoval na fixační bod a porovnával, zda jsou trojúhelníky vyrovnané naproti sobě. V případě, že jsou naproti sobě, je měření prizmatické korekce do dálky v pořádku. V případě, že jsou navzájem vychýlené, musíme prizmatickou korekci ještě upravit. Díky tomuto testu jsem také ověřila, zda je u pacienta přítomná stereopse neboli prostorové vidění.

Po kompletním vyšetření sférocylické korekce, disociované a asociované heteroforie a ověření přítomnosti stereopse do dálky, jsem pokračovala na vyšetření disociované heteroforie do blízka. Vzhledem k vybavení v oční optice, kde jsem pacienty měřila, jsem pro vyšetření heteroforie do blízka měla možnost použít pouze von Graefeho prizma. Tento test provádíme s plnou korekcí do dálky pomocí Howellovy tabulky a 6 pdpt předsazených BU (báze prizmatického klínu směřuje vzhůru) před pravé oko. Pacient vidí nad sebou dvě stupnice pro měření heteroforie, které se skládají ze žluté a modré poloviny. Uprostřed jsou šipky, které

vedou směrem dolů a ukazují na číslice ve žlutém poli v případě esofovie nebo na číslice v modrém poli v případě exofovie. Podle hodnoty číslice lze usoudit, jak velká je přítomnost heterofovie do blízka.

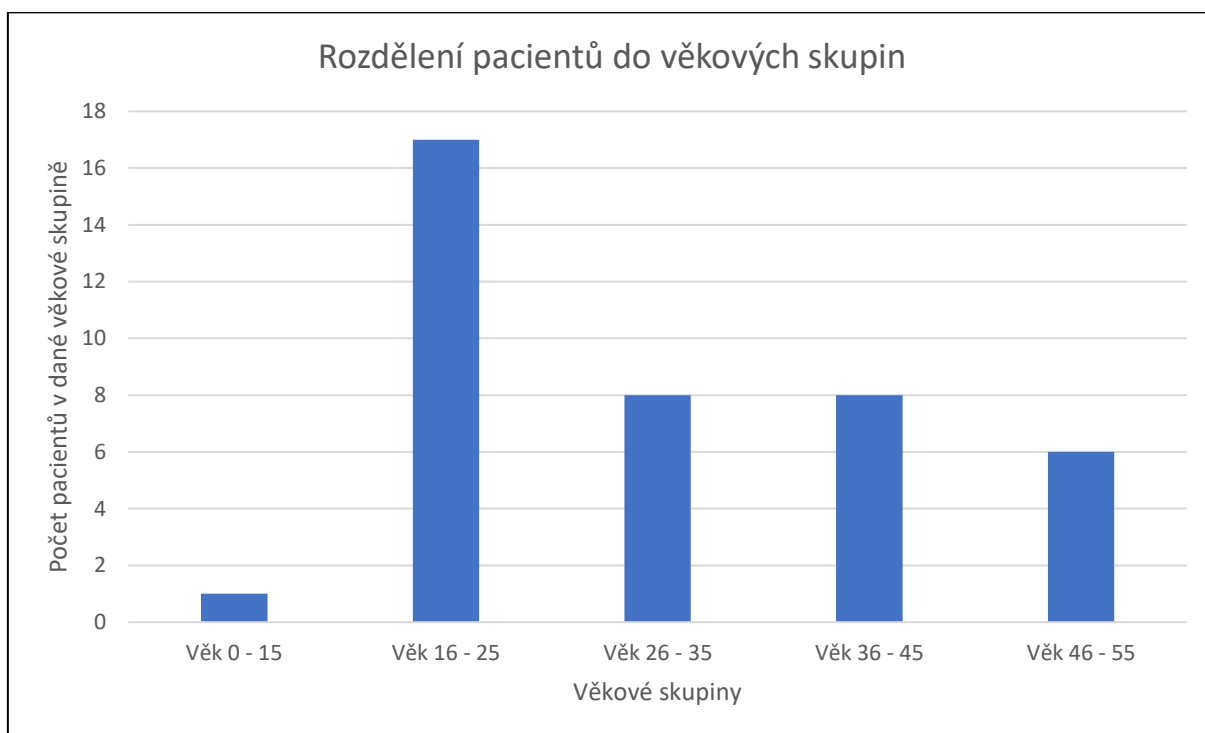
Pro kompletnost jsem zaznamenávala hodnoty blízkého bodu konvergence, blízkého bodu akomodace a hodnotu akomodační facility. U blízkého bodu konvergence pacient fixoval hrot tužky, který si ve výšce očí přibližoval do té doby, dokud se hrot nerozdvojil a poté oddaloval, dokud se opětovně nespojil. Test se dělá pouze binokulárně a před začátkem testů jsem vždy pacienty řádně poučila, jak test bude probíhat.

Zjištění blízkého bodu akomodace jsem prováděla nejdříve monokulárně na pravém oku, poté na levém oku a nakonec binokulárně. Pacient přibližuje znakem (písmeno, Duannova značka) ve výšce očí a posuzuje, kdy se rozmaže. V bodě, kde se rozmaže, pacient přibližovaný znak zastavil a já si naměřenou vzdálenost zaznamenala.

5.4 Výsledky

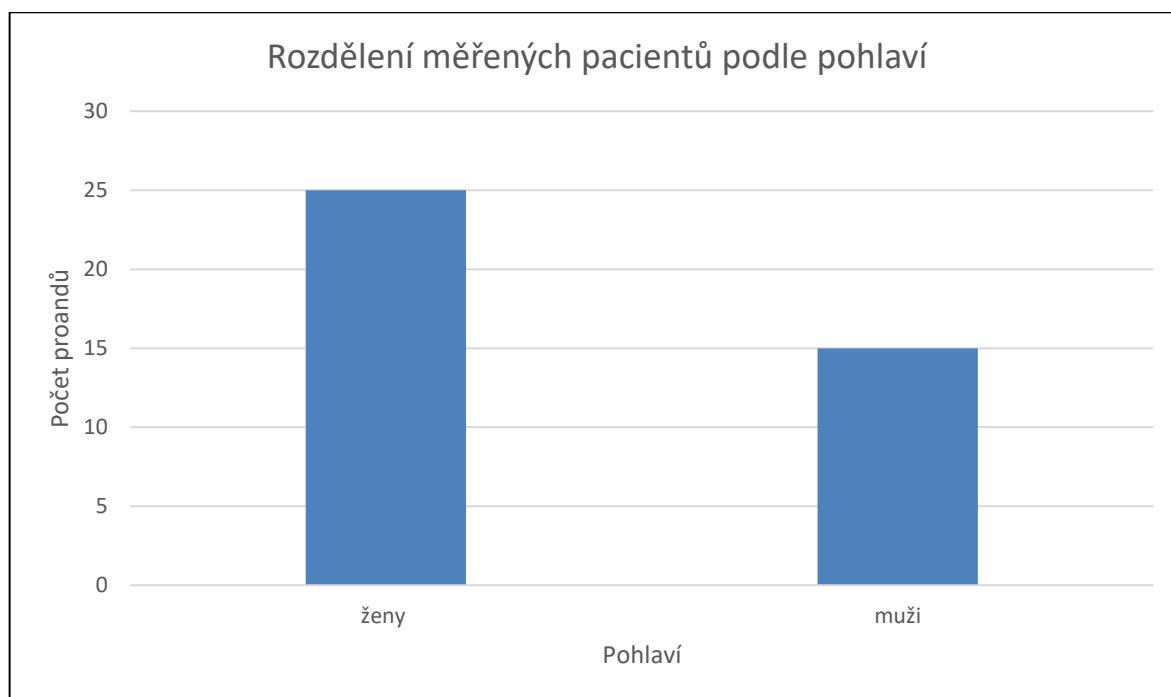
Celkem bylo do studie zahrnuto 40 osob, 25 žen a 15 mužů ve věku od 15 do 55 let. (průměr 31 let) Pro bližší představu o vyšetřovaném vzorku jsem uvedla graf rozdělující probandy podle pohlaví, věku a podle přítomnosti symptomů.

Na obrázku č. 11 je uveden graf rozdělující pacienty do věkových skupin.



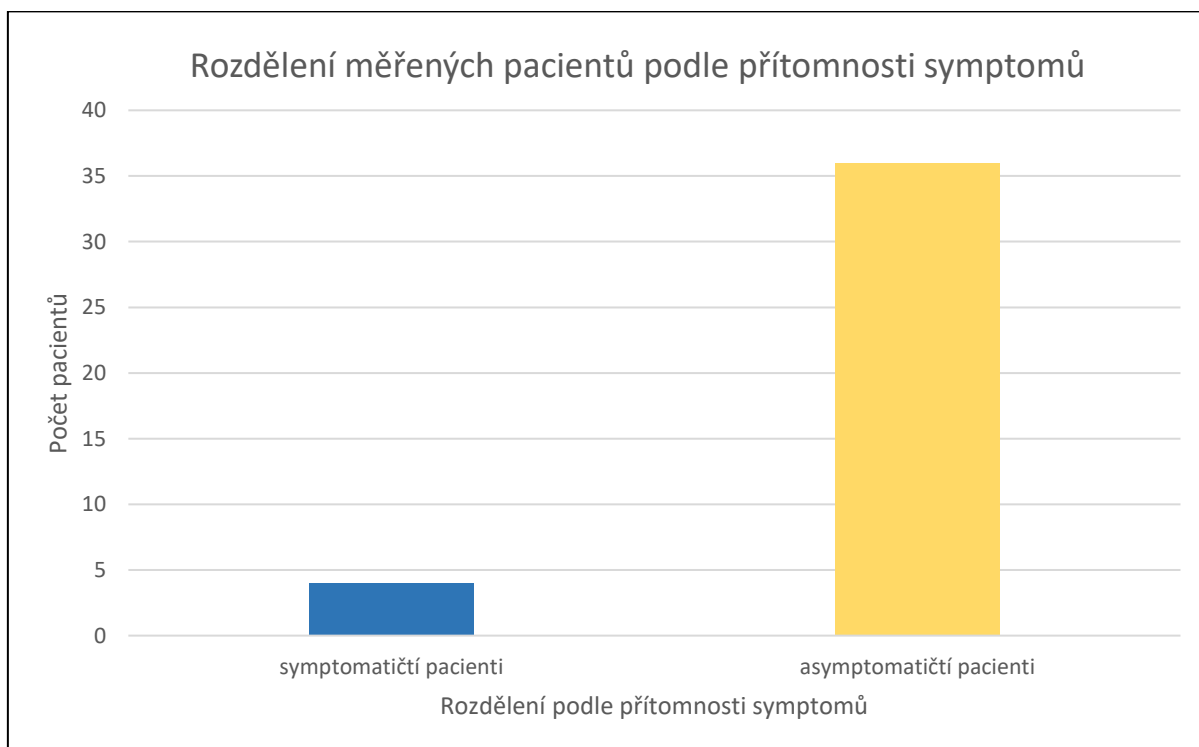
Obrázek 11: Rozdělení pacientů do jednotlivých věkových skupin.

Na obrázku č. 12, který obsahuje graf, je patrné, že počet mužů je menší, než počet žen. Ženské pohlaví bylo zastoupeno 25 pacienty, mužů tedy bylo 15. Tedy, 62,5 % lidí, které jsem měřila, byly ženy a 37,5 % vyšetřovaných byli muži.



Obrázek 12: Rozdělení měřených pacientů podle pohlaví

Dále jsem pacienty rozdělovala podle toho, zda se u nich vyskytují symptomy, které by ukazovaly na přítomnost dekompenzované heteroforie. Na obrázku č. 13 je patrné, že ze všech měřených pacientů, byly u 4 z nich, tedy u 10 % přítomné symptomy dekompenzované heteroforie. Nejčastěji to byly pocity dvojitého vidění, bolest očí při práci do blízka nebo nauzea. U ostatních 36 pacientů (neboli 90 %) nebyly takové symptomy přítomny.



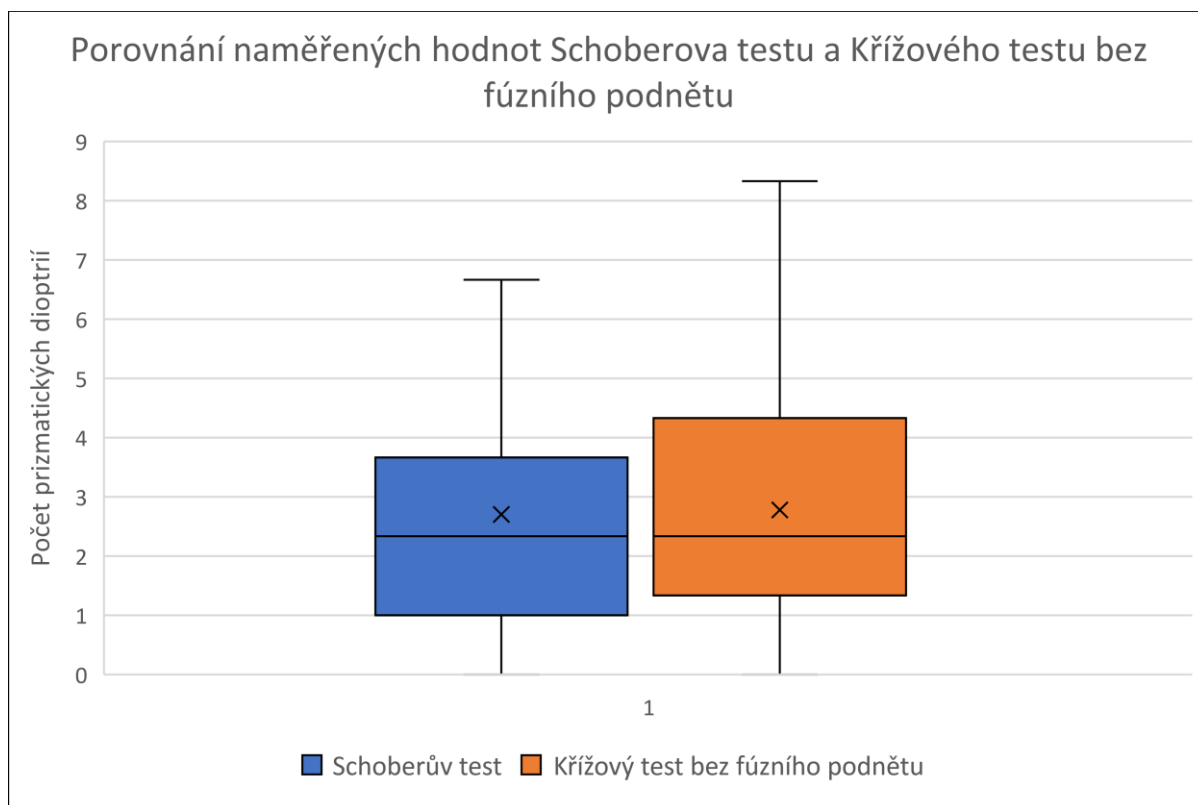
Obrázek 13: Rozdělení měřených pacientů podle přítomnosti symptomů

Podle stanovených hypotéz a jednotlivých měření jsem pomocí neparametrického Wilcoxonova párového testu s 5% hladinou významnosti určila pravdivost hypotéz.

Stanovila jsem nulovou hypotézu H_{0I} a alternativní H_{A1} . Nulová hypotéza zní: Výsledky u testů na měření disociované heteroforie jsou stejné. Alternativní hypotéza H_{A1} zní: Výsledky u testů na měření disociované heteroforie nejsou stejné.

Na následujícím grafu jsou uvedeny výsledné hodnoty, podle kterých jsem potvrdila nulovou hypotézu H_{0I} a vyvrátila alternativní hypotézu H_{A1} . Vyhodnocení jsem prováděla z výsledků měření na Schoberově testu a na Křížovém testu bez fúzního podnětu. Nulovou hypotézu jsem potvrdila z toho důvodu, že hodnota testové statistiky vyšla 234, což je vyšší než kritická hodnota, kterou je pro tento typ měření s 5% hladinou významnosti a daným počtem probandů 148,7.

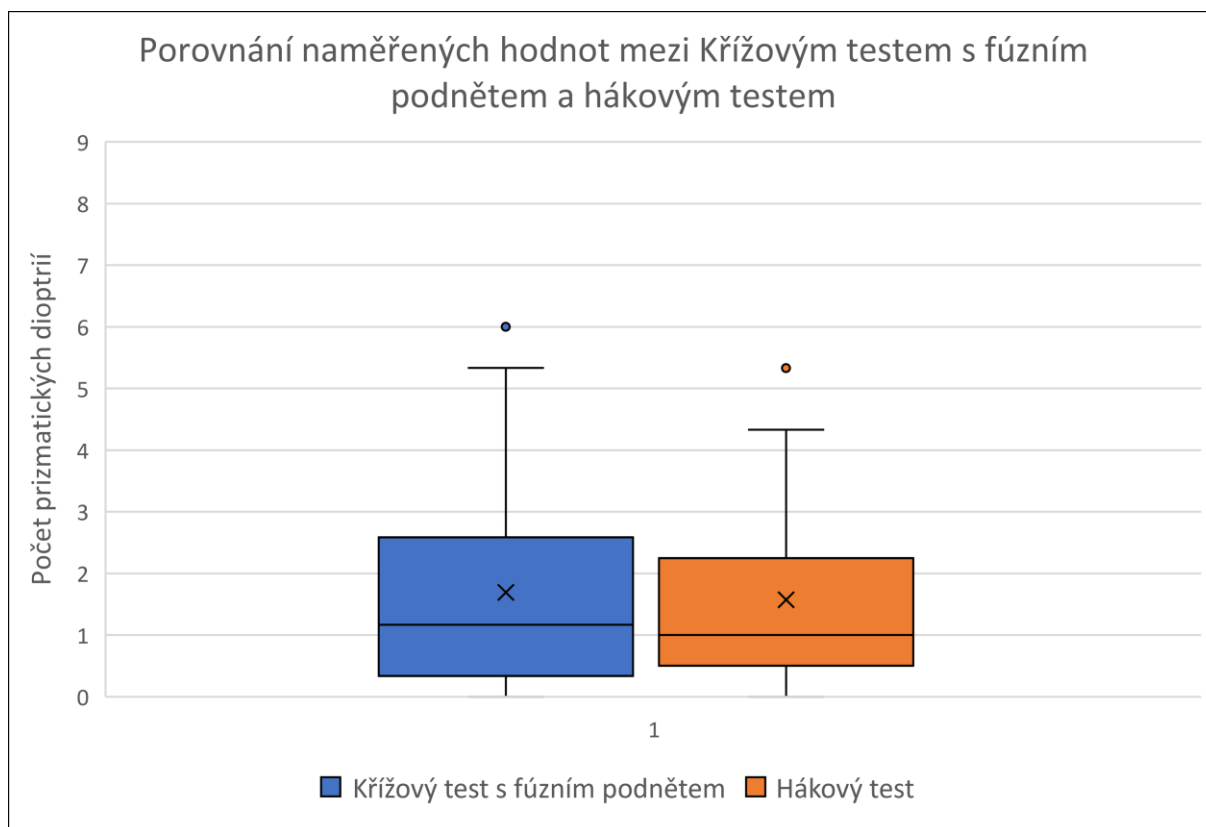
Výsledky můžeme vidět na obrázku č. 14, kde potvrzujeme výsledek Wilcoxonova testu a zároveň potvrzujeme hypotézu H_{01} .



Obrázek 14: Porovnání naměřených hodnot Schoberova testu a Křížového testu bez fúzního podnětu

Nulová hypotéza H_{02} zní: Výsledky u testů na měření asociované heteroforie jsou stejné. Alternativní hypotéza H_{A2} popírá nulovou hypotézu H_{02} a tvrdí, že výsledky u testů na měření asociované heteroforie nejsou stejné. Zde jsem vytvořila graf, ve kterém jsem porovnávala Křížový test s fúzním podnětem a hákový test. Po ověření pravdivosti hypotéz pomocí Wilcoxonova testu se přikláním k nulové hypotéze H_{02} , která tvrdí, že výsledky u testů na měření asociované heteroforie jsou stejné. Přikláním se k ní, protože hodnota testové statistiky je zde 226, což je větší než kritická hodnota, která je pro tento typ měření s 5% hladinou významnosti a daným počtem probandů 172.

Na obrázku č. 15 můžeme vidět, že výsledky měření na Křížového testu s fúzním podnětem a Hákovém testu jsou zaměnitelné, a tedy že nulová hypotéza H_{02} je pravdivá.

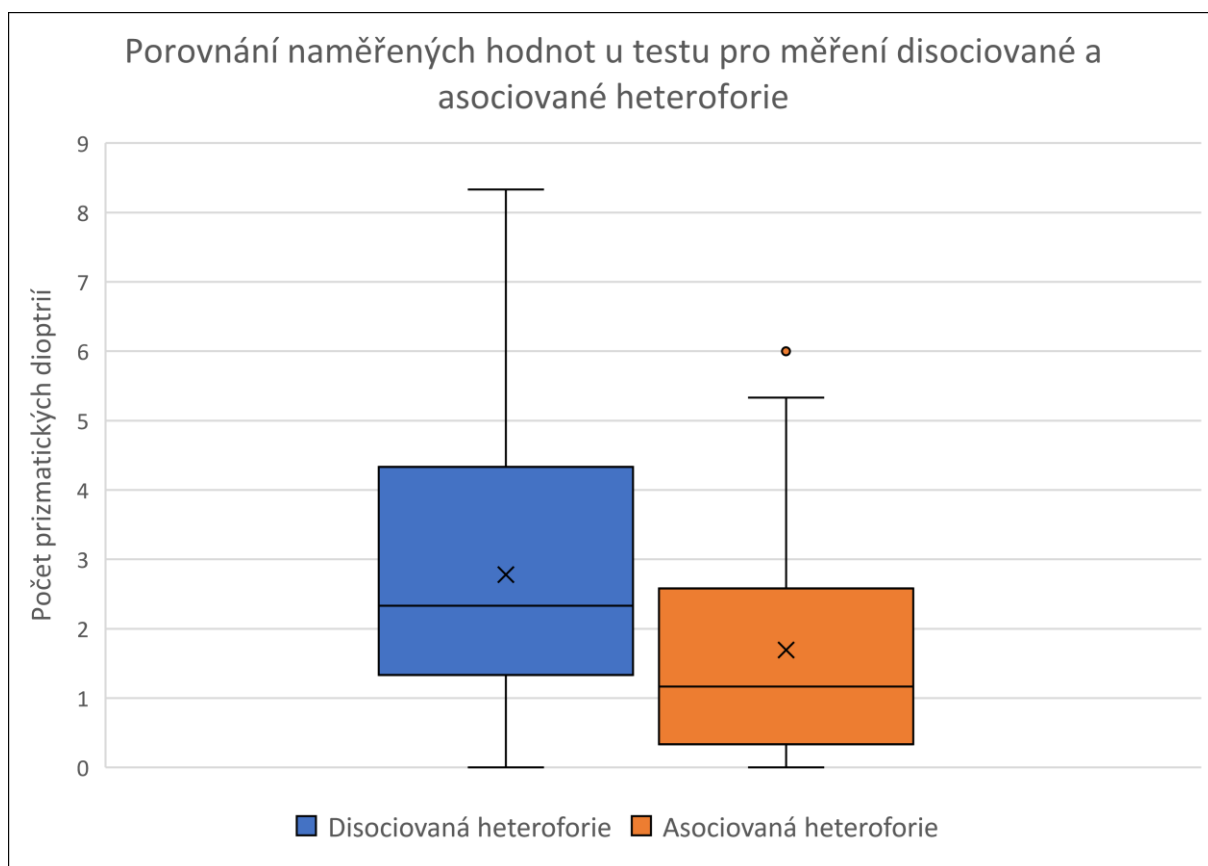


Obrázek 15: Porovnání naměřených hodnot mezi Křížovým testem s fúzním podnětem a hákovým testem

V poslední řadě jsem zjišťovala, zda výsledky testů pro měření disociované heteroforie jsou stejné, jako výsledky testů pro měření asociované heteroforie. Porovnávala jsem pomocí křížového testu s fúzním podnětem a bez fúzního podnětu. Stanovila jsem hypotézu H_{03} , která tvrdí, že hodnoty asociované heteroforie dosahují na témže subjektu stejných hodnot jako disociovaná heteroforie. a k ní alternativní hypotézu H_{A3} , která tvrdí, že hodnoty asociované heteroforie dosahují na témže subjektu nižších hodnot než disociovaná heteroforie. Mým předpokladem je, že výsledky testů pro měření disociované heteroforie budou vyšší než naměřené hodnoty na testech pro měření asociované heteroforie.

Výsledek jsem opět vypočítala pomocí Wilcoxonova neparametrického párového testu, který vyšel jako hodnota 3, což je menší než kritická hodnota 223, a proto jsem se přiklonila k hypotéze H_{A3} , který tvrdí, že hodnoty asociované heteroforie nedosahují na témže subjektu stejných hodnot jako disociovaná heteroforie.

Na obrázku č. 16 jsou znázorněny naměřené hodnoty pro disociovanou heteroforii a výsledky pro heretorfii asociovanou. Je z toho patrné, že nulová hypotéza H_{03} byla vyvrácena a alternativní hypotéza H_{A3} byla potvrzena. Tedy, že hodnoty asociované heteroforie nedosahují na témže subjektu stejných hodnot jako disociovaná heteroforie.



Obrázek 16: Porovnání naměřených hodnot disociované a asociované heteroforie

5.5 Diskuze

První nulová hypotéza H_{01} tvrdila, že by se výsledky u testů na měření disociované heteroforie měly rovnat. Tuto nulovou hypotézu jsem statisticky pomocí Wilcoxonova testu potvrdila a zamítla jsem alternativní hypotézu, která tvrdí, že výsledky u testů na měření disociované heteroforie se nerovnaj. Potvrdila jsem tím svůj předpoklad, že si lze vybrat mezi těmito dvěma testy na měření disociované heteroforie, aniž bychom naměřili významně odlišné hodnoty.

Výsledky mohly být ovlivněny přítomností únavy u pacientů nebo velikostí skupiny vyšetřovaných. Také fakt, že se mezi pacienty nacházel relativně velký podíl pacientů s heteroforií nad 5 pdpt (20 %), je spíše výjimečný.

Má další hypotéza se týkala porovnání testů pro měření asociované heteroforie. Pomocí Wilcoxonova neparametrického párového testu jsem potvrdila nulovou hypotézu H_{02} , která tvrdí, že výsledky testů pro měření asociované heteroforie jsou zaměnitelné a potvrdila jsem stejně jako u testů pro disociovanou heteroforii, že lze použít pouze jeden z těchto testů abychom dostali zaměnitelný výsledek měření.

Poslední hypotéza se týkala porovnání výsledků testů pro měření disociované a asociované heteroforie a pomocí statistické metody jsem zamítla nulovou hypotézu H_{03} , která tvrdí, že výsledky testů pro měření disociované a asociované heteroforie se rovnají. Potvrdila jsem tím svůj předpoklad, že hodnoty pro disociovanou heteroforii budou větší než hodnoty pro forii asociovanou, protože na testech bez fúzního podnětu měříme motorickou forii, zatímco na testech s fúzním podnětem vyšetřujeme forii přidruženou.

Závěr

Bakalářská práce se zaměřovala na testy s fúzním a bez fúzního podnětu, kterými lze vyšetřit heteroforii. Zabývala jsem se binokulárním viděním, jeho poruchami a podrobně jsem popsala problematiku závažných poruch binokulárního vidění, jakými jsou amblyopie, suprese, anomální retinální korespondence, nystagmus, strabismus, anizeikonie a fixační disparita.

Dále jsem se zabývala možnostmi, jakými lze binokulární poruchy řešit. Před předepsáním korekce je možné některé poruchy vytrénovat pomocí zrakového tréninku, jehož některé metody jsem popsala. Pokud nepomůže zrakový trénink, korigujeme poruchy pomocí prizmatické korekce, adice nebo antikorekce. Pokud nepomůže žádná z výše uvedených metod, je možné použít penalizaci.

Následující část jsem věnovala popisu testů, které můžeme použít pro vyšetření heteroforie, které jsem rozdělila na testy s fúzním a bez fúzního podnětu, protože s každým typem testu vyšetřujeme odlišný druh heteroforie.

Poslední část jsem věnovala svému výzkumu, kde jsem se zabývala výsledky testů bez fúzního podnětu a testů s fúzním podnětem. Vypracovala jsem metodiku měření, kterou jsem se řídila během svého výzkumu u 40 pacientů a statisticky jsem své měření vyhodnotila pomocí neparametrického párového Wilcoxonova testu.

Bylo zjištěno, že při vyšetření asociované forie do dálky pomocí Křížového testu s fúzním podnětem a hákového testu je dosaženo podobných výsledků. Podobně je možno při vyšetření disociované heteroforie s očekáváním podobných výsledků použít polarizovaný Schoberův test a Křížový test bez fúzního podnětu. Výsledky testů bez fúzního podnětu a s fúzním podnětem se naopak zaměřovat nedají.

Příloha A: Protokol měření

Číslo klienta	
Ročník narození	

ANAMNÉZA	
Rodinná	
Pracovní	
Osobní	
Léky:	

NATURÁLNÍ VISUS		MONO	BINO
	OP		
	OL		

DOSAVADNÍ KOREKCE						
	Sph	Cyl	ax	Add	Prism	ax
OP						
OL						

VISUS S DOSAVADNÍ KOREKČÍ		MONO	BINO	PRISM	AX
	OP				
	OL				

NOVÁ KOREKCE						
	Sph	Cyl	ax	Add	Prism	ax
OP						
OL						

VISUS S PŘEDEPSANOU KOREKČÍ		MONO	BINO
	OP		
	OL		

TESTY DO DÁLKY:

SCHOBERŮV TEST		
	Prism	Ax
OP		
OL		

KŘÍŽOVÝ TEST bez fúzního podnětu		
	Prism	Ax
OP		
OL		

KŘÍŽOVÝ TEST s fúzním podnětem		
	Prism	Ax
OP		
OL		

HÁKOVÝ TEST		
	Prism	Ax
OP		
OL		

STEREOSKOPICKÝ TROJÚHELNÍKOVÝ TEST		
	Prism	Ax
OP		
OL		

TESTY DO BLÍZKA:

NPA	OP	BINO
	OL	
NPC		

AKOMODAČNÍ FACILITA			
NORM. HODNOTY		MONO	BINO
OP		OP	
OL		OL	

VON GRAEFEHO PRISMA		
	Prism	Ax
OP		
OL		

POZNÁMKY	
----------	--

ZÁVĚR	
-------	--

Příloha B: Naměřené hodnoty

Počet	věk	pohlaví	symptomy	Forie	Průměrné hodnoty ze tří měření:				
					Schoberův test	K - test bez f. p.	K-test s f. fp	Hákový test	Stereoskopický test
1.	23	Ž	NE	ESO	1,6	1,8	1	1,2	0,6
2.	23	Ž	NE	EXO	6,3	8,3	6	5,3	5
3.	24	Ž	NE	EXO	6,6	8,3	6	5,3	5
4.	23	Ž	NE	EXO	1	0,6	0,3	0,5	0,3
5.	26	Ž	ANO	EXO	3,6	3,3	2,3	2	2,6
6.	24	Ž	ANO	EXO	5,6	5	3,6	4,3	4,3
7.	23	Ž	NE	EXO	0,6	0,6	0	0,3	0,3
8.	23	Ž	NE	EXO	1	0,6	0	0,6	0,3
9.	27	Ž	NE	EXO	0	1	1	0,5	0
10.	21	M	NE	EXO	1	0,8	0,3	0	0
11.	15	Ž	NE	EXO	6	5,3	5,3	5,3	5,3
12.	16	Ž	ANO	EXO	5,3	5	3,3	3,6	3,3
13.	35	Ž	NE	ESO	2,6	2,6	1,6	1,3	1,3
14.	24	Ž	NE	EXO	3,1	2,5	2,1	1,6	1,3
15.	27	Ž	NE	EXO	2,3	4,3	1	0,6	0,3
16.	28	M	NE	EXO	1	1,3	0,5	0,3	0,3
17.	26	M	NE	EXO	2,6	2,3	0,6	0,6	0,6
18.	43	M	NE	EXO	0,6	1	0,3	0,1	0
19.	37	Ž	NE	EXO	1,6	1,3	0,6	0,5	0,3
20.	50	M	NE	EXO	1	1,3	0,3	0	0,3
21.	46	M	NE	EXO	2,3	2	0,6	0,3	0,3
22.	22	Ž	ANO	EXO	1	1,6	0,3	0,6	0,3
23.	22	Ž	NE	EXO	4,6	4,3	1,6	1,6	1,6
24.	34	Ž	NE	EXO	4,6	4,6	3	2,3	3,3
25.	42	M	NE	ESO	3	2,6	2	1,6	1,6
26.	52	Ž	NE	ESO	2,3	2	1,3	1	0,6
27.	25	Ž	NE	ESO	1,3	1	0,3	0,6	0,3
28.	22	Ž	NE	EXO	1,3	1,3	0,6	0,3	0
29.	41	M	NE	EXO	5,3	5,3	4,3	4	4
30.	39	M	NE	EXO	2	1,3	0,3	0,3	0
31.	25	M	NE	EXO	3,6	3,3	2,6	2,3	2,6
32.	26	M	NE	EXO	2,3	2,3	1,3	1,3	1
33.	36	Ž	NE	EXO	3,3	3,3	2,6	2,3	2,6
34.	48	Ž	NE	ESO	5,3	5	4	4	3,6
35.	39	M	NE	EXO	1	0	0	0	0
36.	27	Ž	NE	EXO	2,3	2	1,3	1	0,6
37.	31	Ž	NE	ESO	1	1,6	0,3	0,6	0,3
38.	23	M	NE	ESO	2,3	4,3	1	0,6	0,3
39.	43	M	NE	EXO	2,6	2,6	1,6	1,3	1,3
40.	45	M	NE	EXO	2	2,3	1,3	1,6	1,3

Seznam použité literatury

- [1] AUTRATA, Rudolf a Jana ČERNÁ. *Nauka o zraku*. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, Vinařská 6, 603 00 Brno: MIKADAPRES, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [2] HOWARD, Ian a Brian ROGERS. *Binocular vision and stereopsis*. Druhé vydání. New York: Oxford University press, 1995. ISBN 0-19-508476-4.
- [3] HERING, Ewald. *The theory of binocular vision*. New York and London: Plenum Press, 1868. ISBN 978-1-4613-4150-5.
- [4] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. 3. vydání, Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, Vinařská 6, 603 00 Brno, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [5] STIDWILL, David. a Robert FLETCHER. *Normal binocular vision: theory, investigation and practical aspects*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9781405192507
- [6] STEEVES, Jennifer a Laurence HARRIS. *Plasticity in Sensory Systems*. York University: Cambridge University Press, 2013. ISBN 978-1-107-02262-1.
- [7] BENJAMIN, William J. *Boris 'h clinical refraction*. 2. vydání. China: Elsevier, 2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [8] NOORDEN, Gunter K. a Emilio C. CAMPOS. *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*. Šesté vydání. United States of America: Mosby, 2002. ISBN 0-323-01129-2.
- [9] EVANS, Bruce J. W. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5. vydání. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [10] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical management of binocular vision*. 4. vyd. Philadelphia: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, 2014. ISBN 978-1-4511-7525-7.
- [11] DIETZE, Holger a Paul ARTES. *Die optometrische Untersuchung*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2008. ISBN 978-3-13-142231-6.

- [12] LIU, Grant T., Nicholas VOLPE a Steven GALETTA. Liu, Volpe, *Galett's Neuro-Ophthalmology*. 3. vyd. USA: Elsevier, 2019. ISBN 978-0-323-34044-1.
- [13] GOSS, David A. *Ocular Accommodation, Convergence, and Fixation Disparity: A Manual of Clinical Analysis*. 2. vyd. USA: Butterword-Heinemann, 1995. ISBN 0-7506-9497-1.
- [14] DIVIŠOVÁ, Gabriela, *Strabismus*, 1. vyd., Praha: Avicenum, 1990, 295 s., ISBN 80-201-0037-7.
- [15] MESLIN, Dominique, *Praktická refrakce, Listy očních optiků Essilor*, 2006, 50-51
- [16] LIFELONG EDUCATION FOR THE OPHTHALMOLOGIST. *Optics, refraction, and contact lenses: 1999-2000*. San Francisco: American academy of ophthalmology, 1999, ISBN 1560551569
- [17] BENNETT, Arthur George, RABBETTS, Ronald B., *Clinical visual optics*, 2. vyd., Boston: Butterworths, 1989, ISBN 0407014071.
- [18] KUSHNER, Burton J. The accuracy of experienced strabismologists using the Hirschberg and Krimsky tests. *Ophthalmology* [online]. 1998, 105(7), 1301-1306 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: doi:10.1016/S0161-6420(98)97037-3
- [19] HANG, San a Vincent VICCI. Quantification of heterophoria and phoria adaptation using an automated objective system compared to clinical methods. *Ophthalmic & Physiological Optics* [online]. 2010, 30(1), 95-107 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: doi:10.1111/j.1475-1313.2009.00681.x
- [20] RUTRLE, Miloš. *Binokulární korekce na polatestu*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-302-3.
- [21] *Paskal 3D*. www.ipro.de [online]. Deutschland: HS Ipro Internacional, 2018 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.paskal3d.com/standardtestreihe/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1>
- [22] CANTÓ-CERDÁN, M. Measuring the heterophoria: Agreement between two methods in non-presbyopic and presbyopic patients. *Journal of Optomerty* [online]. 2018, 11(3), 7 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2017.10.002

- [23] JETHANI, Jitendra A technique for standardizing disk foveal angle measurement. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* [online]. 2015, **19**(1), 7-8 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: doi:10.1016/j.jaapos.2014.08.015
- [24] *Medical vision: Binokulární testy* [online]. online: Medical vision, 2020 [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: <http://www.ocniokluzory.cz/?p=productsMore&iProduct=109&sName=Bagoliniho-skla-53005>
- [25] *Středisko optometrie: Binokulární testy* [online]. online: Středisko optometrie - Odborné vyšetření zraku, 2019 [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: <https://www.vysetreni-zraku.cz/inpage/vysetreni-zraku/>
- [26] HIMES, Charles H. The stereoscope and its applications. *Journal of the Franklin Institute* [online]. 1887, 123(6), 125-141 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: doi:10.1016/0016-0032(87)90113-X
- [27] SCRIBD. *Thorington Card Instructions* [online]. web: Copyright, 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://es.scribd.com/document/474563489/911118-ThoringtonCardInstructions>
- [28] EVANS, Bruce a Rajula KARANIA. The Mallett Fixation Disparity Test: influence of test instructions and relationship with symptoms. *Ophthalmic & Physiological Optics* [online]. 2006, 26(5), 507-522 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: doi:10.1111/j.1475-1313.2006.00385.x
- [29] ALHASSAN, Mosaad, Jeffery K. HOVIS a Ralph B. CHOU. Repeatability of Associated Phoria Tests. *Optometry and Vision Science* [online]. 2015, 92(8), 900-907 [cit. 2017-12-16]. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000638. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26099058/>

Seznam symbolů a zkratk

JBV	jednoduché binokulární vidění
mm	milimetr
pdpt	prizmatická dioptrie
m	metr
cm	centimetr
nm	nanometr
BU	base up = báze prizmatického klínu směřuje nahoru
BD	base down = báze prizmatického klínu směřuje dolů
LCD	Liquid Crystal Display
Δ	prizmatická dioptrie (cm/m)

Seznam obrázků

Obrázek 1: Brockovo vlákno [10]	20
Obrázek 2: Zrakový trénink fyziologické diplopie metodou "Tři kočky" [9].....	21
Obrázek 3: Zakrývací test u pravostranné esoforie [9].....	24
Obrázek 4: Zakrývací alternující test u pravostranné esotropie [9].....	25
Obrázek 5: Křížový test s fúzním podnětem [21].....	27
Obrázek 6: Schoberův test [21]	28
Obrázek 7: Bagoliniho skla [24].....	30
Obrázek 8: Hákový test [vlastní archiv]	31
Obrázek 9: Ručičkový test [25]	32
Obrázek 10: Stereoskopický test [vlastní archiv]	32
Obrázek 11: Rozdělení probandů do jednotlivých věkových skupin.	40
Obrázek 12: Rozdělení měřených pacientů podle pohlaví	41
Obrázek 13: Rozdělení měřených pacientů podle přítomnosti symptomů.....	42
Obrázek 14: Porovnání naměřených hodnot Schoberova testu a Křížového testu bez fúzního podnětu	43
Obrázek 15: Porovnání naměřených hodnot mezi K-testem s fúzním podnětem a hákovým testem.....	44
Obrázek 16: Porovnání naměřených hodnot disociované a asociované heteroforie	45