



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Metody vyšetření heteroforie a jejich srovnání

Methods of heterophoria examination and their comparison

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Ondřej Polícar

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Markéta Žáková

Kladno 2018

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2017/2018

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Ondřej Polícar**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Vybrané metody vyšetření heteroforie a jejich srovnání**
Téma anglicky: Selected methods of heterophoria examination and their comparison

Zásady pro vypracování:

Hlavní náplní bakalářské práce je problematika vyšetření binokulárního vidění s důrazem na diagnostiku dekompenzované heteroforie. Student provede podrobnou rešerši, především se zaměří na vyšetřovací metody heteroforie a fixační disparity, na základě které porovná přesnost a opakovatelnost jednotlivých vyšetřovacích postupů, popíše detailně výhody a nevýhody jednotlivých metod. Na základě rešerše student shrne poznatky z již provedených studií s důrazem na porovnání metod a testů pro stanovení disociační a asociační forie a na pravidla pro případnou následnou prizmatickou korekci. V praktické části student k tomuto tématu přispěje vlastním výzkumem, který má za úkol porovnat dvě často využívané metody i s ohledem na korelaci výsledků vyšetření se symptomy pacienta.

Seznam odborné literatury:

- [1] EVANS, B.J.W., *Pickwell's Binocular Vision Anomalies*, ed. 5, Elsevier, Butterworth Heinemann, 2007, 464 s., ISBN 978-0-7506-8897-0
- [2] STIDWILL, D., FLETCHER, R., *Normal binocular vision: theory, investigation and practical aspects*, ed. 1 st, Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2011, ISBN 9781405192507
- [3] VON NOORDEN, GUNTER K., CAMPOS, E.C., *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*, ed. 6th, St. Louis, Mo.: Mosby, 2002, ISBN 0-323-01129-2

Zadání platné do: 20.09.2019
Vedoucí: prof. Ing. Jiří Novák, Ph.D.
Konzultant: Mgr. Markéta Žáková

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Název bakalářské práce: Metody vyšetření heteroforie a jejich srovnání

Abstrakt:

V bakalářské práci se zaměřuji především na problematiku vyšetření binokulárního vidění s důrazem na diagnostiku dekompenzované heteroforie. Znalost fyziologie binokulárního vidění je nezbytná pro posouzení binokulárních abnormalit, a tudíž je v této práci stručně popsána. V praxi existuje veliké množství testů a metod pro vyšetření heteroforie. Jednotlivé testy a metody jsou popsány a porovnány na základě provedených výzkumů. Přístupy ke korekci heteroforie se často mezi odborníky liší. Tato práce shrnuje poznatky z odborných studií, které by v budoucnosti mohly vést ke spolehlivé a efektivní metodice pro korekci dekompenzované heteroforie. Praktická část se zabývá porovnáním dvou běžně používaných metod pro předpis prizmatické korekce a symptomatologií heteroforie.

Klíčová slova: Asociovaná heteroforie, fixační disparita, heteroforie, prizmatická adaptace, prizmatická korekce.

Bachelor's Thesis title: Methods of heterophoria examination and their comparison

Abstract:

The bachelor thesis focuses mainly on the issue of binocular vision examination with emphasis on the diagnosis of decompensated heterophoria. The knowledge of the physiology of binocular vision is essential for the assessment of binocular abnormalities and is therefore briefly described in this work. In optometry practice, there are a lot of tests and methods for testing heterophoria. Individual tests and methods are described and compared on the basis of research. Approaches to correcting heterophoria varies a lot among professionals. This paper sums up findings from previous researches that could lead to a reliable and effective methodology for correcting decompensated heterophoria. Practical part of the paper deals with comparison of two commonly used methods for prism prescribing and symptomatology of heterophoria.

Keywords: Associated heterophoria, fixation disparity, heterophoria, prism adaptation, prism correction.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu této práce prof. Ing. Jiřímu Novákovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly při psaní této práce. Děkuji také Optice Jaroslav Polícar a Univerzitě aplikovaných věd Velika Gorica za podporu, zázemí a poskytnuté prostředky k vyšetření.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Metody vyšetření heteroforie a jejich srovnání“ vypracoval samostatně a použil 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
2. Úvod do binokulárního vidění	2
3. Podmínky normálního binokulárního vidění	3
4. Fyziologie binokulárního vidění	4
4.1. Oční motilita	4
4.1.1. Verzní pohyby	4
4.1.2. Vergenční pohyby	5
4.2. Retinální korespondence, horopter a Panumův prostor	6
4.2.1. Binokulární rivalita	7
4.3. Vztah akomodace a konvergence	7
5. Vývoj binokulárního vidění	8
5.1. Simultánní vidění	9
5.2. Fúze	9
5.2.1. Senzorická fúze	9
5.2.2. Motorická fúze	9
5.3. Stereopse	10
6. Anomálie binokulárního vidění	11
6.1. Heterotropie	11
6.2. Heteroforie	11
6.2.1. Symptomy	11
6.3. Fixační disparita	12
6.3.1. Vývoj fixační disparity dle Haaseho	13
6.4. Suprese	13
6.5. Anomální retinální korespondence vs. excentrická fixace	14
6.6. Amblyopie	14
6.7. Anizeikonie	15
6.8. Binokulární nestabilita	15
6.9. Nystagmus	16
7. Vyšetření binokulárního vidění	17
7.1. Anamnéza	17
7.2. Testy oční motility a fixace	18

7.3.	Testy pro zjištění suprese.....	18
7.3.1.	Foveální suprese	19
7.3.2.	Mallettův test foveální suprese	19
7.4.	Testy pro zjištění a evaluaci heteroforie – disociace obrazů	19
7.4.1.	Zakrývací testy	20
7.4.2.	Maddoxův cylindr	21
7.4.3.	Bagoliniho skla.....	21
7.4.4.	Von Graefeho prizma	21
7.4.5.	Anaglyfní testy	22
7.4.6.	Polarizační testy.....	22
7.4.7.	Ostatní testy	22
7.5.	Srovnání testů pro vyšetření heteroforie	22
7.5.1.	Opakovatelnost testů	23
7.5.2.	Porovnání testů	24
7.6.	Testy pro zjištění a evaluaci fixační disparity.....	25
7.6.1.	Mallettův test.....	25
7.6.2.	MKH.....	26
7.6.3.	Ostatní testy	27
7.6.4.	Opakovatelnost a srovnání testů	27
7.7.	Testy pro zjištění a evaluaci stereopse.....	28
7.8.	Kompenzace heteroforie	28
8.	Prizmatická korekce	30
8.1.	Pravidla pro předpis prizmatické korekce.....	30
8.2.	Fixační disparita jako ukazatel dekompenzace heteroforie.....	31
8.2.1.	Fixační disparita versus ostatní pravidla k předpisu prizmat	33
8.3.	Prizmatická adaptace	34
8.4.	Prizmatická korekce vybraná pacientem.....	35
9.	Jiná řešení dekompenzované heteroforie.....	36
9.1.	Odstranění příčiny dekompenzace.....	36
9.2.	Sférická změna korekce	36
9.3.	Zrakový trénink.....	36
10.	Experimentální část	39
10.1.	Úvod.....	39

10.2.	Metodika výzkumu.....	40
10.2.1.	Vyšetřované osoby.....	40
10.2.2.	Průběh vyšetření	40
10.2.3.	Statistická analýza.....	42
10.3.	Výsledky.....	43
10.3.1.	Analýza vzorku.....	43
10.4.	Porovnání metod.....	45
10.5.	Vztah mezi symptomy a heteroforií	48
10.5.1.	Popis symptomů.....	49
10.5.2.	Pacienti se supresí	50
10.5.3.	Pacienti s presbyopií	51
10.5.4.	Změna korelačních koeficientů po úpravě vzorku.....	52
11.	Diskuze	54
11.1.	Porovnání metod.....	54
11.2.	Vztah mezi symptomy a výsledky metod	55
12.	Závěr.....	56
	Seznam použité literatury:	57
	Seznam použitých symbolů a zkratk:	65
	Seznam obrázků a tabulek	66
	Příloha A: Dotazník.....	67
	Příloha B: Naměřená data – heteroforie	68

1. Úvod

Navzdory tomu, že korekce anomálií binokulárního vidění by měla být běžná součást optometristické praxe, mnoho optometristů se tomuto tématu vyhýbá. Z části je to komplexností celé problematiky a strachem, že mohou pacientovi uškodit, ale hlavní příčinou je dle mého názoru rozpolcenost českých specialistů mezi senzorický (původem z Německa) a motorický přístup (původem z Anglie) k prizmatické korekci. Tyto přístupy si v mnohém odporují a pro studenty je v tomto prostředí velice těžké uspořádat si fakta a stanovit si vlastní metodiku pro vyšetření a korekci dekompenzované heteroforie, a tak se ve své následující praxi radši prizmatické korekci vyhnou. I když prizmatická korekce může zlepšit zrakový výkon a odstranit pacientovi symptomy, jsou popsány případy, kdy se u pacienta, díky prizmatické adaptaci, změnila heteroforie ve strabismus vyžadující operaci. Strach z následků prizmatické korekce tedy může být opodstatněný.

Jak ale poznáme, který pacient je vhodný pro tento způsob léčby a jaký ne? Lze vyšetřit prizmatickou adaptaci? Jaká metoda je vhodná pro předpis prizmatické korekce? Na základě provedených výzkumů se pokusím shrnout fakta, které nám mohou pomoci v hledání těchto metod. V experimentální části práce přispěji k tomuto tématu vlastním výzkumem.

Moderní přístup k vyšetření binokulárního vidění není o souboji mezi motorickým a senzorickým přístupem. Správnou cestou tedy není volba určité metodiky a její bezhlavá aplikace. Moderní přístup vyšetření heteroforie je hlavně sbírání informací o pacientově zrakovém aparátu. Existuje veliké množství testů a metod použitelných během rutinního vyšetření a je pouze na optometristovi, aby zvolil vhodný postup u každého pacienta. Vhodné metody jsou ty, které nám poskytnou nejvíce informací. Každý pacient je ale jiný, a proto je občas zapotřebí volit různé metody. Optometrista musí během vyšetření posbírat co nejvíce informací. Důležité informace jsou výsledky klinických testů i pacientovy problémy a potřeby. Na základě těchto informací je následně rozhodnutí o vhodné léčbě na bedrech optometristy. Pro způsobilost k tomuto postupu jsou ale nutné určité vědomosti o zrakovém aparátu.

2. Úvod do binokulárního vidění

Normální binokulární vidění je definováno jako začlenění monokulární senzorické a motorické vizuální informace do kombinovaného jednoduchého zrakového vjemu. Tento vizuální vjem je silně upraven centrální nervovou soustavou. [1,2]

Binokulární vidění má řadu výhod oproti vidění monokulárnímu. Naše oči pozorují svět každé z jiného úhlu, takže obrazy vytvořené na sítnicích nejsou úplně stejné. Některá zvířata vidí oba tyto obrazy zároveň a jiná si „vybírají“, který obraz je vnímán. Oproti dvojitému nebo alternujícím vidění těchto zvířat, binokulární vidění umožňuje vytvoření jediného jednoduchého obrazu z dvou mírně rozdílných obrazů. Při normálním binokulárním vidění nám tato malá disparita obrazů umožňuje vnímat hloubku prostoru. Díky ní máme prostorové vidění neboli stereopsi. Odhadovat vzdálenosti lze ale i bez binokulárního vjemu. V tomto případě je ale odhad založen především na velikosti a pohybu předmětů a dalších monokulárních vjemech ve spolupráci s vizuální pamětí. [2,3]

Stereopse pomáhá primátům k přesnému uchopení předmětů a celkově v koordinaci oko-ruka. Stereopse také zvířatům pomáhá identifikovat ohrožení. Dravci jsou často dobře maskováni, ale díky stereopsi lze rozeznat predátora od pozadí na základě vzdálenosti. Binokulární vidění také pomáhá lokalizaci a pohybu v prostoru. Vizuální pozornost může být koncentrována na objekt, který fixujeme, zatímco ostatní stimuly z jiných vzdáleností jsou utlumeny. Taktéž nám prostorové vidění umožňuje například zhodnocení zakřivení povrchu. [2,3]

Další výhody binokulárního vidění jsou rozšířené zorné pole, zlepšení zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti oproti monokulárnímu vjemu. [2]

3. Podmínky normálního binokulárního vidění

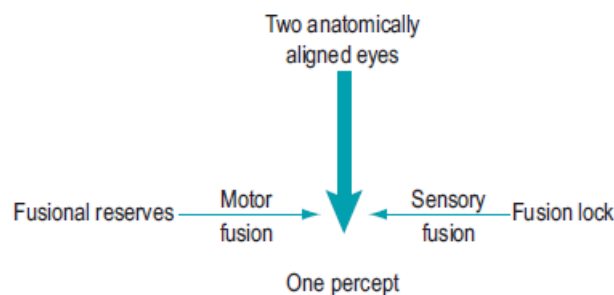
Správné fungování binokulárního vidění záleží na mnoha faktorech, které mohou být rozděleny do tří skupin:

1. Anatomie vizuálního aparátu
2. Motorický systém, který koordinuje oční pohyby
3. Senzorický systém, skrze který mozek přijímá informace z obou očí. [1,2]

Lidské oči, jejich přídavné orgány a nervový systém jsou nedělitelnou funkční jednotkou. Tento fakt musíme mít stále na mysli, i když v rámci výzkumu a studia tyto jednotky často rozdělujeme. [4]

Anomálie v jakékoli z těchto skupin může narušit nebo dokonce znemožnit binokulární vidění. Z toho vyplývá, že při vyšetření binokulárního vidění musíme brát všechny tyto faktory v úvahu. Faktory ovlivňující binokulární vidění jsou schematicky znázorněny na obrázku 1. [1]

Popis anatomie očního bulbu a přídatných očních orgánů je nad rámec této práce. Detailní popis anatomie vizuálního aparátu lze dohledat například v publikaci Noordena [4].



Obrázek 1: Schématický model ilustrující interakci motorického a senzorického systému [1]

4. Fyziologie binokulárního vidění

Abychom mohli binokulární vidění hodnotit a vyšetřovat, musíme dobře rozumět fyziologii binokulárního vidění. Informace o normálním stavu zrakového aparátu nám pomohou rozpoznat abnormality. [1]

4.1. Oční motilita

Úkoly motorického systému jsou následující: zvětšit zorné pole, dostat ostrý obraz předmětu na foveu a udržet oči v postavení, kdy se vizuální osy protínají ve sledovaném objektu a umožnit tak binokulární vidění. [4] Tyto funkce jsou plněny pěti okulomotorickými subsystémy: [2]

1. Sakadické pohyby
2. Sledovací oční pohyby
3. Vergenční pohyby
4. Vestibulo-okulární reflex
5. Optokinetický nystagmus

Každý z těchto subsystémů má vlastní nervové řízení, ale kooperují spolu. [3,4] Oční pohyby můžeme dělit na disjunktivní a konjunktivní. Sakadické a sledovací oční pohyby jsou pohyby konjunktivní a nazýváme je verzními pohyby. Vergenční pohyby jsou pohyby disjunktivní. Naše oči nejsou v úplném klidu ani během sledování stálého objektu. Neustále se pohybují se mikrosakadickými pohyby, které si pozorovatel neuvědomuje. [2,3,4]

4.1.1. Verzní pohyby

Verzní pohyby plní hlavně funkci zvětšení zorného pole a monokulární foveální fixace. Stimuly v periférii, které upoutají pozornost pozorovatele, vyvolají **sakadické oční pohyby**. Cílem sakadických pohybů je rychlé přenesení obrazu objektu z periferie na foveu. Sakády jsou nejrychlejší oční pohyby, které dosahují rychlosti 700° za sekundu. [3] **Sledovací oční pohyby** udržují obraz pomalu se pohybujícího objektu (do 40° za sekundu) na foveách. Sledovací pohyby nelze vyvolat představou pohybujícího se objektu. Tyto pohyby mohou být volní i mimovolní. Člověk může změnit pohled dle své vůle, ale při reakci na zrakový (fixační reflex), sluchový nebo hmatový stimul jsou tyto pohyby mimovolní. [2,3,4]

Vestibulo-okulární reflex stabilizuje primární zrakovou osu, během pohybu hlavy, pohybem očí v opačném směru. **Optokinetický nystagmus** nastává při pohybu části vizuálního

pole bez pohybu hlavy. Je složen z pomalého sledovacího pohybu ve stejném pohybu jako pohybující se těleso a následným rychlým sakadickým pohybem v opačném směru, než je pohyb tělesa. Tyto pohyby jsou mimovolní. [2,3,4]

4.1.2. Vergenční pohyby

Za přítomnosti normálního binokulárního vidění udržují vergenční pohyby bifoveolární postavení očí, čímž umožňují senzoricou fúzi. Umožňují sledovat objekt, který se přibližuje nebo oddaluje a také rychlou změnu fixace na objekt v jiné vzdálenosti. Stimuly pro vergenční pohyby jsou retinální rozostření se zpožděním 200 ms a binokulární disparita se zpožděním 160 ms. Neurální kontrola vergenčních pohybů zahrnuje sakadické i sledovací pohyby. [2,3,4] Vergenční pohyby jsou náchylné k anomáliím. [1]

Pro klinickou praxi je důležité rozlišení **konvergence a divergence**, i když existují i cyklovergenční pohyby a vertikální vergence. Konvergence je pohyb zrakových os směrem k sobě. Je nezbytná pro sledování přibližujícího se objektu nebo při pohledu na jakýkoli objekt, který se nenachází v optickém nekonečnu. Divergence je pohyb zrakových os směrem od sebe, takže navrací oči do paralelního postavení. Divergence byla původně považována za pasivní pohyb, který je vykonáván elastickými silami po uvolnění konvergence. Nové poznatky ale nepochybně dokazují, že divergence je aktivní proces jako konvergence. [4] Při vyšetření je důležitý **blízký bod konvergence** neboli nejbližší bod, který dokáže pacient sledovat binokulárně. [1]

Korekční odpověď na retinální disparitu má dva komponenty: **rychlou fúzní vergenci** a **pomalou fúzní vergenci**. Rychlá fúzní vergence používá retinální fixační disparitu jako signál k pohybu. Když je před oko předloženo slabé prizma, rychlá fúzní vergence zároveň vzniklou disparitu vergenčním pohybem. Pomalá fúzní vergence neboli vergenční adaptace používá jako chybový signál motorický výstup rychlého mechanismu. [5] Díky pomalému vergenčnímu systému je možná adaptace na prizma. Když ortoforickému pacientovi předsadíme prizma a necháme mu dostatečný čas na adaptaci, tak následné zakrývací testy nemusí odhalit žádnou indukovanou heteroforii. Pomalý vergenční systém tedy ovlivňuje tonickou vergenci. [2] Rychlý fúzní systém můžeme pozorovat při zakrývacích testech (viz kap. 6.4.1.) a dokonce ho při nich hodnotit. U dekompenzované heteroforie je vergenční vyrovnávací pohyb po odkrytí oka často pomalý nebo trhaný. [1] Pomalý vergenční systém vyžaduje pro stabilizaci zhruba 10 minut. U symptomatických osob s dekompenzovanou heteroforií je proces prizmatické adaptace méně efektivní (viz kap.7.3.). Předpis prizmatické korekce může pomoci k udržení asymptomatické fúze. [6] Schopnost prizmatické adaptace

taktéž klesá s věkem. [1,2] vertikální vergenční systém má pouze pomalý fúzní systém, který je většinou omezen hodnotou 2Δ . [2] Teorie prizmatické adaptace je v rozporu s Haaseho teorií a metodikou MKH. Haaseho pohled na prizmatickou adaptaci bude popsán v kapitole 6.6.2.

4.2. Retinální korespondence, horopter a Panumův prostor

Retinální elementy, na které se zobrazuje při normálním binokulárním vidění stejný bod pozorovaného předmětu, nazýváme korespondujícími retinální body. To znamená, že k bodu na sítnici jednoho oka připadá jeden korespondující bod na sítnici druhého oka a všechny ostatní body jsou nekorespondující. Výstupy z korespondujících bodů jsou spojeny ve zrakové kůře a dávají vzniknout jednomu binokulárnímu vjemu. Objekt pozorovaný oběma očima je vnímán ve dvou mírně odlišných směrech. Tyto dva směry jsou přetransformovány do jednoho společného hlavního vizuálního směru, ve kterém lokalizujeme objekt. Tento efekt je někdy nazýván kyklopský efekt, protože osa hlavního vizuálního směru prochází mezi očima, jako by byl objekt pozorován pouze jedním okem. [2,3,4]

Když spojíme všechny body, které stimulují korespondující body sítnice, dostaneme **horopter**. Ostatní body v prostoru stimulují disparátní body sítnice. Body nacházející se před horoptrem produkují zkříženou disparitu a body nacházející se za horoptrem nezkříženou disparitu. Dlouho převládala myšlenka, že rozložení korespondujících bodů na sítnici je čistě geometrické. Za tohoto předpokladu mají korespondující body stejnou polohu vzhledem k fovee a longitudinální horopter je kruh, protínající otočné body oka a fixovaný bod. Tento kruh se nazývá **Vieth-Müllerův kruh**. [2,3,4]

Křivka empirického horopteru se ale od teoretického liší. Empirický horopter je ploší než Vieth-Müllerův kruh. Z toho vyplývá, že distribuce korespondujících elementů je jiná v temporální a nasální části. Popis horopteru je závislý na rozmístění těchto prvků. Každá osoba má mírně rozdílný horopter. [2,4]

Skutečnost je ale ještě trochu jiná. Objekt nacházející v určitém prostoru před a za horoptrem nebude vnímán dvojitě. Tento prostor nazýváme **Panumův prostor**. Ve skutečnosti totiž každý bod sítnice jednoho oka koresponduje s malou oblastí na sítnici druhého oka. Z toho vyplývá, že při objevení oční úchylny není pozorována diplopie za předpokladu, že odchylka nepřekročí hranice Panumova prostoru. Zrakovou deviaci, která se nachází v mezích Panumova prostoru, nazýváme fixační disparitou (kap. 5.3.1.). [1,2,3,4]

4.2.1. Binokulární rivalita

Když obrazy nejsou dostatečně podobné v ostrosti, velikosti a jasnosti, může být obraz z pravého a levého oka pozorován v rychlé alternaci. Střídavě může část obrazu každého oka dominovat nad kombinovanou percepcí, což formuje a mění binokulární vidění. Tento jev můžeme pozorovat při monokulárním vyšetření zorného pole, kdy obraz z nevyšetřovaného oka může dočasně potlačit obraz z vyšetřovaného oka, většinou když vyšetřujeme nedominantní oko. Tento kolísavý vizuální vjem nazýváme binokulární rivalitou. [2]

4.3. Vztah akomodace a konvergence

Při pohledu do blízka se uplatňuje akomodační triáda: akomodace, konvergence a mióza pupily. Všechny tyto procesy inervuje okulomotorický nerv a abnormalita v některé z těchto složek často ovlivní ostatní. [1,2,7] Míru, kterou akomodace ovlivňuje konvergenci, udává **AC/A poměr**. Tento poměr je důležitý pro klinickou praxi, protože jeho abnormality mohou vést k dekompenzované heteroforii. [1,4,8] Dle studie [9] AC/A poměr klesá s věkem, což je logické vzhledem k úbytku akomodační schopnosti. Pro zjištění AC/A poměru existují dvě metody: gradientní metoda a výpočetní metoda. Dle studie [10] není mezi těmito metodami dostatečná asociace, a tudíž tyto dvě metody nelze zaměňovat. Rozdíl mezi metodami plyne především z přítomnosti proximální vergence. Dále studie porovnávala opakovatelnost obou metod. Mezi vyšetřeními nebyl nalezen statisticky významný rozdíl, a tudíž byla u obou metod nalezena dobrá opakovatelnost.

5. Vývoj binokulárního vidění

Normální binokulární vidění není vrozené, i když některé vizuální reflexy vrozené jsou. Mezi vrozené patří vestibulookulární reflex, optokinetický reflex, pupilární reflex [2] a mrkací reflex [1]. I tyto reflexy se ale dále vyvíjejí. Oproti tomu fixační, verzní, vergenční a fúzní reflexy jsou naučené. [2] Aby se tyto reflexy plně vyvinuly, nesmí být překážka v žádném aparátu zmíněném v minulé kapitole. V experimentu [11] bylo zjištěno, že koťata, které byla v úplné tmě po 3 až 4 měsíce od narození, se následně chovala jako naprosto slepá. Některé aspekty vidění vyžadují pro svůj vývoj normální vizuální zkušenost. [2] Ve studii na člověku se ukázalo, že parvocelulární buňky (gangliové buňky z centra sítnice, reagující na vysokou prostorovou frekvenci) nejsou plně vyvinuté do 11 let. Zatímco magnocelulární buňky (gangliové buňky z periferie sítnice, reagující na nízkou prostorovou frekvenci) se zdály plně vyvinuté již od narození. [12]

Období, ve kterém se vyvíjejí vizuální schopnosti, se nazývá senzitivní období. V tomto období jakákoli anomálie naruší vývoj vizuálních schopností. V prvních čtyřech měsících po narození ještě dozrává makula a dítě tedy nefixuje centrálně. [2] Nejkritičtější období pro vývoj fixačního reflexu je během 2 až 3 měsíců věku. [1] I když tedy nepozorujeme významnou oční úchylku u novorozenců, je zde pouze omezená koordinace binokulární fixace a očních pohybů. To je důvod proč kritické období většiny binokulárních funkcí začíná až ve čtyřech měsících. [2]

Senzitivní období můžeme popsat distribuční křivkou sensitivity na anomálie ve zrakovém aparátu podobné křivce normálního rozdělení, která je ale zešíklá. Největší nebezpečí pro vývoj binokulárního vidění je mezi 1. až 3. rokem života, poté křivka rychle klesá na 50 % ve 4. roku života a následně klesá pomalu na 20 % v 6 letech a na 10 % v 8 letech. V tomto období se objevují anomálie binokulárního vidění jako amblyopie a konkomitantní strabismus. Musíme ale stále mít na mysli, že vývoj binokulárního vidění navazuje na vývoj monokulární. V případě, že se během prvních pár měsíců nevyvine například monokulární fixace, nemůže se následně vyvíjet binokulární vidění. [2]

Vývoj binokulárního vidění dělíme dle Wortha na tři stupně. Toto rozdělení ale není přesné, protože nezahrnuje přibližně 5 % populace s anomální retinální korespondencí. Rozdělení zahrnující tuto skupinu uvádí Fletcher a Stidwill v publikaci [2].

5.1. Simultánní vidění

Simultánní makulární percepce je nejzákladnějším stupněm binokularity a je to výchozí krok k dalšímu vývoji. Vizuelní kortex přijímá dva obrazy, není tedy přítomná suprese. Neprojeví se žádná snaha udržet fúzi, při strabismu nastává diplopie. [2,13]

5.2. Fúze

Fúzi rozdělujeme na senzorigickou a motorickou. Fúze, ať senzorigická či motorická, je vždy centrální nervový proces, který probíhá ve vizuelním centru mozku. [4] Vývoj senzorigické a motorické fúze je úzce propojen. [1]

5.2.1. Senzorigická fúze

Senzorigická fúze je definována jako sjednocení obrazů z korespondujících bodů obou sítnic do jediného zrakového vjemu. [2,4,13] Objekt lokalizován v jednom směru, stimulací dvou korespondujících bodů sítnice, bude vnímán jednoduše a ne dvojitě. Pro senzorigickou fúzi nestačí, aby obrazy byly lokalizovány na korespondujících místech sítnice, také musí být dostatečně podobné ve velikosti, ostrošti a jasu. Nestejné obrazy jsou výraznou překážkou pro fúzi. Objekty, jejichž obrazy se vytvářejí na nekorespondujících místech sítnice, se jeví dvojitě. [4]

5.2.2. Motorická fúze

Podmínkou pro normální senzorigickou fúzi je protnutí vizuelních os v rozsahu Panumova prostoru, ideálně přesně ve fixovaném objektu. Úkolem motorické fúze je tedy plnit tuto podmínku pomocí vergenčních pohybů Stimulus pro tyto fúzní vergenční pohyby je retinální fixační disparita. Když tedy dopadá obraz na disparátní místa na sítnici, motorická fúze má za úkol tuto disparitu zarovnat. Na rozdíl od senzorigické fúze, která nastává mezi korespondujícími retinálními elementy na fovee i v periférii sítnice, motorická fúze je funkce výhradně extrafoveální retinální periférie. Žádný stimul pro motorickou fúzi neexistuje, když obrazy fixovaného objektu dopadají přesně na foveu každého oka. [4]

Schor ve své publikaci [1] uvádí, že tonická, proximální a akomodační vergence je přítomna od narození, ale fúzní vergence se vyvíjí později (zhruba ve 4 měsících) spolu se zrakovou ostroší. Klinický důsledek je, že u novorozenců nemůžeme sledovat vergenční odpověď na horizontálně předložené prizma dříve, než se fúzní vergence vyvine.

5.3. Stereopse

Je schopnost fúze obrazů, které stimulují horizontálně odlišné retinální prvky uvnitř Panumova prostoru, čímž je umožněn prostorový vjem. Díky vzdálenosti našich očí od sebe je obraz každého oka pozorován z odlišného úhlu. Senzorická fúze těchto dvou mírně rozdílných obrazů dává vzniku trojrozměrného vnímání. Objekt, který se nachází na horopteru je vnímán jako plochý, protože je promítán do korenspondujících retinálních bodů. Není tedy přítomna žádná horizontální disparita. [4,13]

Možnost rozeznat disparitu mezi obrazy není neomezená, existuje **mez stereoskopického vidění**. Mez stereoskopického vidění je definována jako nejmenší binokulární disparita, při které je zachováno stereoskopické vidění. Minimální dosažitelná mez se pohybuje okolo 2 až 8 úhlových vteřin. [4] V běžné populaci se ale hodnotí mez 15 až 30 úhlových vteřin jako výborná. [13] Vzhledem k tomu, že existuje mez stereoskopického vidění, musí existovat i prahová hodnota vzdálenosti, při které je stereoskopické vidění možné. Tato vzdálenost záleží na pupilární vzdálenosti a mezi stereoskopického vidění daného jedince. [4]

6. Anomálie binokulárního vidění

6.1. Heterotropie

Heterotropie neboli strabismus je stav, při kterém je oční deviace tak velká, že nedovoluje senzoricou fúzi v rámci Panumova prostoru. Dle komitance rozdělujeme strabismus na konkomitantní a paralytický. U konkomitantního strabismu jsou deviace stejné ve všech pohledových směrech, zatímco u paralytického nikoli. Dle směru úchylny můžeme heterotropie dělit na exotropii, esotropii, hypertropii a hypotropii. [1,2,4]

Léčba strabismu je rozsáhlé téma, které převyšuje rozsah této práce. Zraková deviace je ve většině případů tak velká, že není možná korekce prizmaty. Z tohoto důvodu se tato práce dále strabismem nezabývá.

6.2. Heteroforie

Heteroforií nazýváme oční deviaci, která se objeví po zrušení fúze. Po přerušení fúznívergence se oční pár uchýlí do takzvané „klidové pozice“. Heteroforie je v populaci běžná. V případě, že oční pár zůstane ve stejné pozici jako před disociací zrakového vjemu, mluvíme o ortoforii. Podobně jako heterotropii rozdělujeme heteroforii dle směru na exoforii, esofoirii, hyperforii a hypoforii, ale u heteroforie můžeme pozorovat také cyklotorzní deviace, které často doprovázejí vertikální odchylky. [1,2]

Bylo již řečeno, že heteroforie je v populaci normální, ale jaké hodnoty jsou v populaci běžné? Průměrné hodnoty heteroforie se mezi autory liší, ale většina souhlasí, že při vyšetření do dálky je očekávaná hodnota okolo 1 Δ exoforie a do blízka okolo 3 Δ exoforie. S věkem byl zjištěn posun heteroforie do blízka směrem k exo deviacím. [14] Heteroforie vyžaduje léčbu, pouze když způsobuje symptomy. V takovém případě ji nazýváme dekompenzovanou heteroforií. [1]

6.2.1. Symptomy

Žádný ze symptomů dekompenzované heteroforie není specifický, a proto potřebujeme k diagnostice dekompenzované heteroforie další testy. Bolest hlavy je velice častý symptomem, ale je těžké posoudit, zda je příčinou anomálie binokulárního vidění, nebo se příčina nalézá někde úplně jinde. Bolest hlavy způsobená dekompenzovanou heteroforií bude pravděpodobně lokalizována ve frontální části a měla by se postupně stupňovat během dne dle požadavků na

vizuální aparát. Více specifickou bolestí je tupá bolest za očima, která je občas popisována pacienty. [1,15,16]

Jedním z nejspecifičtějších symptomů je občasná diplopie, která se většinou objeví při únavě. Pacient často zjistí, že vidění je komfortnější po zakrytí jednoho oka. U dětí se může objevit abnormální postavení hlavy, při kterém nos slouží jako okluze pro jedno oko. Exoforie může vést k rozmazanému vidění v důsledku spojení konvergence a akomodace. Dekompenzovaná heteroforie je většinou provázena fixační disparitou, která může vést k mírné distorzi obrazu například u čtení. Pacient může popisovat pohyb a skákání slov při čtení. [1,15]

Dalšími symptomy může být problém s orientací v prostoru, špatný odhad vzdáleností nebo obtížná změna pohledu z blízka do dálky a naopak. [1,15,16]

6.3. Fixační disparita

Fixační disparita je malá odchylka zrakového aparátu, při které nenastává diplopie, protože se deviace pohybuje v mezích Panumova prostoru. Za experimentálních podmínek, při použití malých foveálních terčů, fixační disparita nemůže přesáhnout 12 úhlových minut, protože taková je přibližně velikost Panumova prostoru v horizontálním směru. Za normálních zrakových podmínek se může zrakový aparát přizpůsobit fixační disparitě až 2°. [2] Fixační disparita má duální charakter. Malé hodnoty jsou vyžadované pro normální fungování fúzního mechanismu zpětné vazby (angl. feedback mechanism), který udržuje bifoveolární fixaci. Větší hodnoty jsou spojeny s chybným řízením fúze. Fixační disparita mezi 0,5 až 10 úhlových minut je spojována se symptomy dekompenzované heteroforie (viz kap. 6.8.). [2]

Směr fixační disparity je obvykle stejný jako směr heteroforie, ale výjimečně můžeme pozorovat paradoxní fixační disparitu, typicky eso posun u exoforie. Tento případ může znamenat „překompenzovanost heteroforie“ a můžeme výjimečně předeepsat prizma bází dovnitř pro odstranění eso fixační disparity. [1]

Vzhledem k tomu, že předložené prizma mění fixační disparitu, můžeme tuto změnu vynést do grafu **křivku nucené fixační disparity**. Fixační disparita v úhlových minutách se nachází na ose y a prizma se nachází na ose x. U různých pacientů můžeme najít různé křivky. Existují různé typy křivek nucené fixační disparity, které se liší především centrálním zakřivením. Centrální zakřivení nám může pomoci ke zhodnocení kompenzace heteroforie. [1] I když Jenkins a kol. [17] zjistili, že centrální zakřivení křivky nucené fixační disparity nebylo ve významné spojitosti se symptomy na rozdíl od asociované heteroforie.

6.3.1. Vývoj fixační disparity dle Haaseho

Velikost a směr heteroforie určuje fúzní vergenci potřebnou pro udržení bifoveálního vidění. Haase popsal plně motoricky kompenzovanou heteroforii jako takovou, kdy vergenční požadavek odpovídá fúzní vergenci. Jestliže se zrakový aparát nachází pod určitým stresem, vyvine se malá chyba vergenčního systému, kterou Haase nazývá **disparátní fúzí**. Je to typ sensorické adaptace. Oko, které udržuje foveální fixaci nazýváme směrově vedoucí oko. [18]

Když disparita dosáhne Panumova prostoru, je hranice jednoduchého binokulárního vidění pod určitým stresem a Panumův prostor se začne zvětšovat. Toto zvětšení dovolí disparátnímu bodu na uchýleném oku pohnout se směrem ke klidové pozici. Časem disparátní bod změní korespondenci, aby odpovídala vedoucímu oku. Toto je druhá fáze adaptace a tento stav nazýváme **disparátní korespondencí**. Nejdříve se změní korespondence kolem pseudofovey uchýleného oka a následně se změna rozšíří i do periferie. Disparátní korespondence je doprovázena změnou Panumova prostoru. Můžeme sledovat pokles monokulární zrakové ostrosti při binokulárních podmínkách a může taktéž dojít i k excentrické fixaci uchýleného oka. [18]

Haase (viz kap. 6.6.2.) doporučuje předpis plné korekce asociované heteroforie. Následně by se měla u pacienta s disparátní korespondencí znovu vyvinout bifoveolární korespondence. U dlouho trvající disparátní korespondence je návrat postupným procesem a často je vyžadováno opakované navýšení prizmatické korekce. [18,19]

6.4. Suprese

Rozeznáváme dva typy suprese. První je **fyziologická suprese**, která je přítomná za normálního binokulárního vidění. Tato naprosto přirozená suprese zabraňuje vzniku diplopie a binokulární rivality u objektů nacházejících se mimo Panumův prostor. Druhým typem je **patologická suprese**, která je obvykle první obranou proti diplopii a rozdílným sítnicovým obrazům. Suprese je často klasifikována podle velikosti a umístění supresované oblasti na sítnici a také podle hloubky suprese. Suprese je považována za centrální, nepřesáhne-li supresovaná zóna 5° od zrakové osy. Malé supresované zóny mohou být pozorovány taktéž u mikrotropií a povrchní foveální suprese se může taktéž objevit u heteroforie. [7,20]

Při strabismu je supresí postižena fovea strabujícího oka a bod, který koresponduje s touto foveou na nestrabujícím oku. Velikost skotomu koreluje s velikostí deviace. [7]

Jestliže u pacienta s velkým úhlem strabismu není prokázána anomální retinální korespondence a pacient nevnímá žádnou diplopii, pak musí být supresováno celé binokulární pole strabujícího oka. Suprese, která se objevuje za absence strabismu (například u anizotropické amblyopie nebo dekompenzované heteroforie), je většinou centrální. [20]

Důležité je si uvědomit, že suprese se vyvinula z nějakého důvodu jako reakce na určitou překážku v normálním binokulárním vidění. Vzhledem k tomu, že pacienti, kteří potlačí vjem jednoho oka, si většinou nestěžují na symptomy, není často nutné provádět žádnou intervenci. [20]

6.5. Anomální retinální korespondence vs. excentrická fixace

Anomální retinální korespondence je stav, kdy se vyvine korespondence mezi dvěma původně disparátními body a následně je tato anomální korespondence rozšířena po celé sítnici. Anomální retinální korespondence je přítomna při fixační disparitě. Po zakrytí směrově dominantního oka, uchýlené oko znovu obnoví přesnou foveální fixaci. Můžeme pozorovat zlepšenou monokulární zrakovou ostrost oproti binokulární. [1,2,4] V Haaseho teorii odpovídá termín disparátní korespondenci. [18]

U **excentrické fixace** oko neobnoví foveální fixaci ani po zakrytí druhého oka. Je vytvořena stabilní pseudofovea a zraková ostrost oka je stejná za monokulárních i binokulárních podmínek a je trvale snížena oproti směrově dominantnímu oku. Excentrická fixace se může vyvinout během dlouho trvající anomální retinální korespondence. [1,2,4]

6.6. Amblyopie

Amblyopie je definována jako stav snížené zrakové ostrosti, který se netýká žádné strukturální abnormality nebo nemoci očních médií a který není možno korigovat. Amblyopie se může vyvinout v dětství v kritickém období binokulárního vidění v důsledku jakékoli překážky. Amblyopii můžeme dělit na amblyopii organickou a funkční. Organická amblyopie vznikne z patologické či anatomické abnormality sítnice a zahrnuje amblyopii výživovou, toxickou, dystrofickou atd. Při amblyopii funkční není přítomná žádná organická leze. Funkční amblyopie můžeme dále dělit na deprivaci (okluzní), strabickou, anizotropickou, refrakční a psychogenní amblyopii. Prevalence amblyopie je okolo 3 % v populaci. Prevalence pro jednotlivé typy je anizotropická 50 %, strabická 19 %, smíšená strabická a anizotropická

27 % a amblyopie způsobená vizuální deprivací 4 %. [1] Popis léčby amblyopie je nad rámec této práce. Detailně je tato problematika uvedena například v publikacích [1,2,4].

6.7. Anizeikonie

Anizeikonie je rozdílná velikost vnímaných obrazů ze sítnice pravého a levého oka. Anizeikonii můžeme dělit na optickou, retinální a centrální. Optickou anizeikonii můžeme dále dělit na získanou a přirozenou. Zvláštním typem optické přirozené anizeikonie je fyziologická. Anizeikonie, která nastává při pohledu na blízký objekt v periferii díky rozdílné vzdálenosti očí. Tato anizeikonie je nejspíše automaticky kompenzována. [1] Celková anizeikonie je vždy sumou všech uvedených částí a je těžké rozdělit celkovou anizeikonii do jednotlivých složek. Podrobný popis diagnostiky a řešení anizeikonie lze nalézt například v publikacích [1,2,3].

6.8. Binokulární nestabilita

Existují pacienti, u kterých je vyšetření heteroforie a asociovaná heteroforie velice obtížné. Heteroforie, fixační disparita i fúzní rezervy nejsou stálé. Tento stav můžeme nazvat binokulární nestabilitou. Tito pacienti si často stěžují na symptomy související poruchou binokulárního vidění, ale heteroforie je často zanedbatelná. Fúzní rezervy u těchto pacientů jsou obvykle nízké v obou směrech, takže celková fúzní amplituda je často nižší než 20 Δ. Na Mallettově testu se nestabilita projeví pohybem monokulárních značek. Můžeme zkusit předložit prizma, i když jsou linie zarovnány, pro ustálení pohybu značek. Binokulární nestabilita je také často doprovázena foveální supresí detekovatelnou na Mallettově testu. Výzkumy, které pozorovaly nestabilitu za přirozených podmínek, konstatovaly, že nestabilní fixační disparita by mohla být dobrým indikátorem symptomů. [1,20]

Binokulární nestabilita je taktéž ve spojitosti s dyslexií. Nejčastějšími symptomy jsou potíže při čtení. Léčba je většinou obtížná a zahrnuje převážně zrakový trénink. [1,20]

6.9. Nystagmus

Nystagmus je konjugovaný, kmitavý a vůlí neovlivnitelný oční pohyb, jehož směr, amplituda a frekvence jsou proměnlivé. Fyziologický nystagmus se může objevit při stimulaci zrakového aparátu (optokinetický nystagmus) nebo vestibulární stimulaci (teplá a studená voda v uchu). Mnoho různých očních anomálií může vyvolat patologický nystagmus, ale nystagmus může být také idiopatický. Je obtížné předpovědět etiologii nystagmu pouze dle pozorování, i když existují určité pomůcky. Například kongenitální strabismus je obvykle horizontální, ale výjimky. Oční pohyb se může měnit v čase. Nystagmus je horší, když je pacient ve stresu nebo když se větší silou snaží něco zahlédnout. Klasifikace nystagmu je obsáhlé téma, které lze dohledat například v publikaci [1,4].

Léčba nystagmu záleží na etiologii a je často obtížná. Pacienti často vidí lépe s kontaktními čočkami než s brýlemi. V některých případech může pomoci antikorekce nebo prizma bází ven. Další řešení spočívá ve zrakovém tréninku. [1,4]

7. Vyšetření binokulárního vidění

Vyšetření binokulárních funkcí je velice obsáhlá problematika a testů, které máme na výběr, je mnoho. Dále budou popsány hlavně metody, které jsou hojně využívány v praxi. Především se zaměřím na testy pro evaluaci heteroforie a fixační disparity, podle kterých je předepisována prizmatická korekce.

Každá vyšetřovací metoda vytváří jiné podmínky pro zrakový aparát a je tedy logické, že z rozdílných metod dostaneme rozdílné výsledky. Z testů, které vytvářejí méně přirozené podmínky (více disociují zrakový vjem) dostaneme větší hodnoty oční deviace. Vyšetřovací metody se, díky příchodu nových technologií a díky provedení nových výzkumů, stále mění. Jaké metody jsou ale nejlepší? Evans [1] na tuto otázku odpovídá: „Jestliže je cíl binokulárních testů detekovat, co se děje se zrakovým systémem za každodenních podmínek, poté musí binokulární testy tyto každodenní podmínky napodobovat.“ Trendem této změny je tedy odklon od metod, které vytvářejí arteficiální a nepřirozené podmínky k metodám, které více odpovídají přirozeným podmínkám. V posledních letech vzrůstá v očích optometristů význam fixační disparity, která je vyšetřována za přirozenějších podmínek než heteroforie. [1]

Jestliže si klient stěžuje na symptomy při práci na počítači, optometrista potřebuje vědět, zda tyto jsou tyto symptomy způsobené binokulární anomálií. Vhodné budou testy prováděné v odpovídající vzdálenosti, za co nejpodobnějších podmínek. Každý test nám dá určitou informaci o zrakovém aparátu, ale musíme se zamyslet, jaké testy nám dají užitečnější informaci a které méně. [1]

7.1. Anamnéza

Anamnéza je jedna z nejdůležitějších součástí vyšetření. V medicínském světě se často tvrdí, že podrobné zjištění pacientovy medicínské historie a pacientových symptomů může tvořit až 70 % diagnózy. Díky těmto vodítkům se taktéž lépe rozhodujeme, které z dostupných testů použít. Pozorováním, například kompenzačního postavení hlavy a abnormalit víček, můžeme zjistit mnoho potřebných informací. [7] Pacienti často podceňují význam symptomů, ale nejdůležitější faktor při rozhodování, zda provést intervenci nebo ne, jsou právě pacientovy symptomy. [21] V dětském věku se binokulární anomálie často neprojevují symptomy, protože jsou potlačeny senzoricou adaptací. [1]

Dalším významným aspektem je porozumění pacientovy dosavadní léčby. Léčba mohla obsahovat brýle, okluzi, oční cvičení nebo chirurgický zákrok. V každém případě je nutné znát

tyto léčebné postupy a chápat jejich vliv na pacientovy symptomy. Pacientův celkový zdravotní stav je taktéž důležitý. Špatný zdravotní stav může přispět k dekompenzaci heteroforie. [1]

Rodinná anamnéza nám taktéž může pomoci. U strabismu byla objevena nejvyšší familiární asociace u hypermetropické akomodativní esotropie (souvisí s vysokou dědičností ametropie) a to 26 %. Dále 15 % u vrozené esotropie, 12 % u anizometropické esotropie a 4 % u exotropie. [22] U heteroforií nebyl podobný výzkum proveden.

7.2. Testy oční motility a fixace

Nejprve je vyšetřována fixace terče. Pacient se podívá na světelný zdroj a vyšetřující sleduje rohovkové reflexy. Tento test se nazývá **Hirschbergův test**. [2] Hirschberg zjistil, že každým 1 mm decentrace odpovídá 7° deviace zrakové osy. [4]

Během vyšetření oční motility je pacient instruován ke sledování fixačního terče, kterým vyšetřující pohybuje v pacientově zorném poli. Jako fixační terč je většinou použita malá svítilna (angl. penlight). Vyšetřující by měl udržet konstantní vzdálenost od pacienta – okolo 50 cm. Sledovací oční pohyby by měly plynule kopírovat pohyb fixačního objektu bez jakýchkoli záškubů. Binokulární motorické pole je omezeno pacientovým nosem a obočím někde okolo 25°. Může být užitečné zasáhnout při vyšetření i do těchto monokulárních oblastí, protože bariéra nosu a obočí funguje jako okluzor při zakrývacím testu a vyšetřujeme tedy zároveň latentní deviace v periferii. [1,20]

Užitečné je taktéž provedení vyšetření blízkého bodu konvergence. K dispozici jsou další testy pro vyšetření motility, například vyšetření sakadických pohybů. Další metody vyšetření jsou detailně popsány v publikacích [1,2,4].

7.3. Testy pro zjištění suprese

Existuje mnoho testů pro zjištění suprese. Tyto testy se liší hlavně v citlivosti detekce suprese – některé testy odhalí pouze hlubokou supresi a jiné i malou povrchní supresi. Suprese nalezena za přirozených podmínek je považována za hlubokou, zatímco suprese, která se objeví pouze za arteficiálních podmínek, je považována za povrchní. Taktéž velikost a pozice suprese na sítnici je velice různorodá. Záleží tedy, jaká část sítnice je vyšetřována. [20]

Mezi nejčastější testy pro zjištění suprese patří Worthova světla, stereoskop, zrcadlový polarizační test, test s předložením 4 prizmat bází ven a obecně všechny testy, které disociují zrakový vjem. [1,20]

7.3.1. Foveální suprese

Jestliže je binokulární vidění dlouhodobě pod stresem fixační disparity, mohou se objevit velmi malé supresované zóny ve fovee. Malé části centrálního pole jsou potlačeny neshodou mezi mírně posunutými obrazy, i když zbytek retiny funguje normálně. [1] Při přítomnosti této foveální suprese klesne monokulární zraková ostrost vyšetřovaná za binokulárních podmínek oproti zrakové ostrosti vyšetřované monokulárně. [23] Foveální suprese je kompenzační mechanismus, který zabraňuje symptomům. [1] Foveální suprese může potlačit symptomy dekompenzované heteroforie, protože Panumův prostor je v této oblasti nejmenší. Pacient tedy může mít větší fixační disparitu bez přítomnosti symptomů. [24]

Foveální suprese může být taktéž způsobena jednostranně rozmazaným obrazem na sítnici. Suprese redukuje kontrastní citlivost a ta je v korelaci s mezí stereoskopického vidění. Refrakční korekce i u mírné anizometropie je tedy nezbytná pro dobrou stereopsi. [3]

7.3.2. Mallettův test foveální suprese

Také nazývaný test binokulárního statusu na Mallettově vyšetřovací jednotce do blízka. Je to optotyp Snellenova typu, kde jsou některé písmenné znaky viděny binokulárně a slouží jako fúzní podnět a některá písmena jsou viděna pouze monokulárně díky polarizaci. Test je kalibrován na 35 cm, ale může být použit v různých vzdálenostech. Za přítomnosti suprese pacient nevidí některá písmena, která jsou viděna monokulárně, ale po zakrytí druhého oka je vidí. [1,24]

7.4. Testy pro zjištění a evaluaci heteroforie – disociace obrazů

Již dlouho je známo, že výsledky disociačních testů při měření horizontální heteroforie nejsou v silném vztahu se symptomy. Naopak vertikální odchylky jsou se symptomy velmi často spojeny. [25] Vysoké stupně heteroforie mohou být kompenzované, zatímco i velice malá heteroforie může být dekompenzovaná. Počet prizmat, který koriguje fixační disparitu je se symptomy spojen více. [17] Fixační disparita se ukázala jako lepší ukazatel, ale i měření disociované heteroforie může být užitečné a je v klinické praxi stále hojně využíváno. Při vyšetření heteroforie neposuzujeme pouze stupeň deviace, ale také stabilitu heteroforie. [1]

V anglické literatuře [1] se považují za testy pro vyšetření heteroforie pouze testy s kompletní disociací zrakového vjemu. To zahrnuje Maddoxův cylindr, Bagoliniho skla, Von Graefeho prizma, synoptofor a další testy, kde je disociace docílena v celém zorném poli. Testy na báze polarizace a červeno-zelených testů jsou zařazeny do skupiny testů parciální disociace.

Tyto testy tedy ponechávají určité fúzní podněty v periférii, což vede k naměření menší hodnoty heteroforie. Víceméně tyto testy jsou nahrazeny vyšetřením fixační disparity, které se více blíží přirozeným podmínkám. Žádné spolehlivé studie o těchto testech nebyly provedeny. [1]

7.4.1. Zakrývací testy

Zakrývací testy jsou objektivní testy, které ale závisí na pozorování vyšetřujícího. Jsou velice jednoduchou cestou, jak rozlišit heteroforii a heterotropii, ale vyžadují určitou zručnost a zkušenost optometristy. Disociace očních vjemů je docílena zakrýváním a odkrýváním očí. Vyšetření je založeno na sledování očních pohybů. Pro testy potřebujeme vhodný fúzní podnět, a to v jakékoli vzdálenosti. [1,2,3,7,8,20,26]

Při **intermitentním** (angl. cover/uncover) zakrývacím testu zakrýváme a odkrýváme jedno oko, a poté provedeme stejný postup i u druhého oka. Délka zakrytí jednoho oka se obvykle pohybuje od 1 do 2 sekund, ačkoli delší okluze (10 sekund) s větší pravděpodobností odhalí plnou úchylku. [21] Zakrytí opakujeme, protože deviace může narůstat s dalším zakrýváním. Tento test odhalí především heterotropii – když zakryjeme nestrabující oko, strabující musí přebrat fixaci a udělá fixační pohyb. Stejně je možné vyšetřit i heteroforii, ale vhodnější je alternativní zakrývací test, který razantněji přeruší fúzi a fixační pohyby jsou zřetelnější. [1,2,3,7,8,20,26]

Druhým testem je **alternativní** (angl. alternate cover) zakrývací test. Jak již bylo zmíněno, tento test je vhodnější pro vyšetření heteroforie. Při heteroforii se zakryté oko pomalým pohybem, který většinou nepostřehneme, uchýlí do určité deviace a po odkrytí rychlým pohybem obnoví fixaci. U vysoké heteroforie můžeme pozorovat i pohyb druhého oka, než je právě odkryté díky Heringově zákonu o stranově symetrické inervaci synergistů. Inervační impulz je rovnoměrně rozdělen na svaly, které podmiňují verzi, čímž se chovají jako jeden orgán. Tento verzní pohyb je následován pomalejším vergenčním pohybem stejné velikosti. [1,2,3,5,7,8,20,26,]

Pozorování refixačního pohybu může být užitečné pro zhodnocení dekompenzace heteroforie. U dekompenzované heteroforie je tento pohyb často pomalý a trhaný. Testy nemusí být pouze diagnostické, ale můžeme určit i velikost heteroforie pomocí neutralizace fixačních pohybů pomocí prizmat. [1,2,3,7,8,20,26,]

Zakrývací test s neutralizací prizmaty může být objektivní nebo subjektivní. Při objektivním testu hodnotí oční pohyby vyšetřující. Při subjektivním testu hodnotí vyšetřovaný posun obrazu. Dle studie [27] měl lepší opakovatelnost subjektivní zakrývací test, ale objektivní

test měl taktéž dobrou opakovatelnost. Tato studie také srovnávala vyšetření prováděné různými vyšetřujícími a našla vždy korelaci vyšší než 0,75, indikující vysokou asociaci.

Studie [28,29] se věnovaly nejmenší detekovatelné zrakové odchylce při vyšetření zakrývacími testy. Obě studie se shodly, že nejmenší pohyb, který může vyšetřující postřehnout, odpovídá 2 Δ. Ve studiích je ale naznačeno, že za běžných podmínek se citlivost testu pohybuje spíše okolo 3-4 Δ.

7.4.2. Maddoxův cylindr

Maddoxův cylindr se skládá z množství plancylindrů s vysokou lámavostí, které rozmažou světelný bod do světelné linie – Maddoxovy linie. Po předložení Maddoxova cylindru před jedno oko je díky zkreslení obrazu tohoto oka potlačena fúze. Následně můžeme deviaci hodnotit dvěma způsoby. První způsob je založen na zarovnání Maddoxovy linie se světelným bodem pomocí prizmat. Druhý způsob je založen na hodnocení na tangenciální škále, za použití Maddoxova křídla. Deviace je hodnocena podle polohy Maddoxovy linie na Maddoxově křídle – tento test se v anglosaské literatuře nazývá Thoringtonův test. Porovnání těchto a dalších testů je popsáno podrobněji v kapitole 6.5. Maddoxův cylindr můžeme použít na všechny vzdálenosti. Výhodou oproti mnoha jiným testům je možnost vyšetření cykloforie pomocí dvou Maddoxových cylindrů. [1,2,3,7,8,20,26,30]

7.4.3. Bagoliniho skla

Bagoliniho skla jsou skla s vrypy, které podobným způsobem jako Maddoxův cylindr rozmažou světelný bod do světelné linie. Skla jsou předkládána před obě oči. Vrypy pravého skla jsou ve 45° a levého ve 135°. Ukážeme-li pacientovi světelný bod, bude vnímat světelný kříž, ale také uvidí původní světelný bod. Prizmatem se následně snažíme zarovnat obě ramena kříže, tak aby procházela světelným bodem. Taktéž je možné vyšetření cykloforie. Při supresi určité části sítnice bude pacient vnímat přerušování světelné linie. [1,2,7,8,20,24,26,]

7.4.4. Von Graefeho prizma

Disociace je dosažena za pomoci prizma, přes které již zrakový systém není schopný fúze. Vytvoříme tedy arteficiální diplopii předložením 6Δ bází vertikálně pro vyšetření horizontální heteroforie, nebo 12 Δ bází nasálně pro vyšetření vertikálních odchylek. Následně se prizmaty v druhém směru snažíme oba diplopické obrazy zarovnat. [1,8,15,20]

7.4.5. Anaglyfní testy

Obraz je disociován pomocí barevných – červeno/zelených filtrů. Příkladem můžeme uvést Schoberův test, ale jakýkoli z polarizovaných testů lze provést v anaglyfním provedení. [1] Od tohoto způsobu disociace se ustupuje, protože anaglyfními filtry narušíme refrakční vyvážení. [31]

7.4.6. Polarizační testy

Disociace pomocí polarizace pro měření disociované heteroforie není ve světě hojně využívána. Důvodem je, že když je vyšetřovna vybavena polarizačním optotypem, je toto vybavení většinou využito spíše k měření fixační disparity, která je lepším ukazatelem dekompenzace heteroforie. [17] V Čechách se ale polarizace často využívá k měření heteroforie a k tomuto účelu můžeme použít kříž bez fúzního podnětu z metodiky MKH. [32] Polarizací nenarušíme refrakční rovnováhu.

7.4.7. Ostatní testy

Pro vyšetření do blízka můžeme použít modifikace ostatních testů nebo například Maddoxovo křídlo, kde je disociace zrakového vjemu dosaženo přepážkou. [1] Synoptofor je klinický stereoskop, který umožňuje ukázat stejný obraz každému oku v primární zrakové ose i za přítomnosti heteroforie či heterotropie. Na tomto přístroji můžeme vyšetřovat stupeň sensorické fúze, úhel heterotropie, heteroforie nebo provádět ortoptické cvičení. Podobný přístroj je také zrcadlový haploskop. [2]

7.5. Srovnání testů pro vyšetření heteroforie

Testy pro vyšetření heteroforie se mohou lišit v technice disociace, ve schopnosti kontrolovat akomodaci, v navození proximálnívergence, v metodě kvantifikace heteroforie a trvání disociace. Roli také hraje zručnost a rychlost vyšetřujícího, stejně jako použité prizma. Například Risleyho rotační prizma bude působit na zrakový aparát jinak než prizmatická lišta. Tyto rozdíly mohou zapříčinit rozdílné výsledky testů u jednoho pacienta. [33]

Bland a Altman [34] popsali metodu vyšetření shody mezi testy kalkulací průměrného rozdílu mezi měřeními a následným požitím průměru měření k určení 95% limitu shody pomocí směrodatné odchylky. Tuto metodu lze použít k vzájemnému porovnání testů, nebo k posouzení opakovatelnosti testu.

Vzhledem k tomu, že rozdílné studie používaly rozdílné statistické metody při vyhodnocování výsledků testů, je velmi obtížné studie porovnávat. Dvě studie indikovaly 95% limit shody u 2Δ - 4Δ pro opakovatelnost Maddoxova cylindru, Von Graefeho metody a Thoringtonovy metody. Studie používající korelační analýzu pro srovnání testů se shodují na vysoké korelaci. Studie používající statistické metody zhodnocení odlišnosti testů našly vysokou shodu pouze mezi některými testy. [33]

7.5.1. Opakovatelnost testů

V obsáhlé studii Greena a Scobeeho [35] byla zkoumána opakovatelnost měření heteroforie pomocí Maddoxova cylindru. Na 49 osobách byla provedena dvě měření, každé v jiný den a od jiného vyšetřujícího. Mezi výsledky nebyla statisticky významná odchylka. Ve stejné studii byl také zkoumán vliv osvětlení během vyšetření a dominantního oka na výsledek vyšetření. Mezi výsledky za různých osvětlení a za předkládání Maddoxova cylindru před dominantní či nedominantní oko nebyla nalezena statisticky významná odchylka. Také byl zkoumán vliv barvy Maddoxova cylindru, ale i když byla nalezena statisticky významná odchylka do dálky, bylo konstatováno, že tato odchylka není klinicky významná.

Hirsch a Bing ve studii [36] porovnali opakovatelnost Von Graefeho metody a Thoringtonovy metody při vyšetření do blízka. Thoringtonova dosáhla lepší opakovatelnosti s průměrnou odchylkou mezi vyšetřeními $1,3 \Delta$, zatímco Von Graefeho metoda dosáhla odchylky $2,1 \Delta$.

Morris ve studii [37] hodnotil opakovatelnost Thoringtonovy metody, Maddoxova cylindru s neutralizací heteroforie prizmaty a Von Graefeho metody také při vyšetření do blízka. Morris došel ke stejnému závěru, že Thoringtonova metoda má nejlepší opakovatelnost s průměrnou odchylkou $1,1 \Delta$, následovaná Maddoxovým cylindrem s průměrnou odchylkou $1,6 \Delta$ a nejhorší opakovatelnosti dosáhla opět Von Graefeho metoda s průměrnou odchylkou $1,9 \Delta$.

Morgan [38] vyšetřoval opakovatelnost vyšetření heteroforie s pomocí Maddoxova cylindru do dálky a Von Graefeho metody do blízka. Každý subjekt byl vyšetřován pětkrát. Mezi naměřenými hodnotami byla stanovená směrodatná odchylka, která se pohybovala v rozmezí $0,3 - 3,1 \Delta$ do dálky a $0,3 - 6,4 \Delta$ do blízka. Průměr směrodatné odchylky byl $1,0 \Delta$ pro dálku a $2,1 \Delta$ pro vyšetření do blízka. Zde je 95% hranice spolehlivosti $2,0 \Delta$ pro vyšetření Maddoxovým cylindrem na dálku a $4,1 \Delta$ pro Von Graefeho metodou do blízka.

Sanker [39] srovnával Thoringtonovu metodu s Maddoxovým cylindrem, Von Graefeho prizmatem a zakrývacím testem na blízko i na dálku. Chtěl zjistit, zda Thoringtonova metoda může být zaměněna ostatními testy. Nejpodobnější výsledky měl Maddoxův cylindr, ale autor došel k závěru, že žádná metoda nemůže být zaměněna.

Dvě studie [36,37] potvrdily nejlepší opakovatelnost u Thoringtonovy metody. U této metody se heteroforie nezarovnává prizmaty, ale výsledné prizma je odečteno na stupnici Maddoxova kříže. Maddoxův kříž je správně zkonstruován, aby Maddoxova linie procházela číslem, které odpovídá prizmatické dioptrii, která by měla tuto deviaci zrakového aparátu napravit. Po předsazení prizmatické dioptrie bude ale zrakový systém na posunutí obrazu na sítnici reagovat, a tak prizma měřené pomocí Maddoxova cylindru a prizmat nemusí odpovídat Thoringtonově metodě, i když dle studie [39] mají tyto dvě metody podobné výsledky.

Opakovatelnost testů do blízka je horší než opakovatelnost do dálky, a to nejspíše díky větší akomodační variabilitě při vyšetření do blízka. [38] Při Thoringtonově metodě používáme Maddoxův kříž, na kterém jsou vytištěné číslice. Tyto číslice mohou sloužit jako akomodační podnět a kontrolovat tak akomodaci. [33]

7.5.2. Porovnání testů

Green a Scobee [35] taktéž porovnávali různé testy, a to při vyšetření do blízka i do dálky. Subjektivní zakrývací metoda, Von Graefeho metoda a metoda Maddoxova cylindru byly porovnány pro vyšetření do dálky. Do blízka byl porovnán subjektivní zakrývací test, Von Graefeho metoda, Maddoxovo křídlo, Thoringtonova metoda a Maddoxův cylindr. Vyšetření Maddoxovým cylindrem do dálky vykazovalo hodnoty více do esoforie a do blízka zase více do exoforie oproti ostatním metodám. Důvodem je nedostatečná kontrola akomodace. Vyšetření do blízka znovu dosáhla větší směrodatné odchylky.

Hirsch a Bing [36] porovnávaly výsledky Thoringtonovy a Von Graefeho metody. Korelační koeficienty byly vždy větší než 0,85, ale Thoringtonova metoda se opět ukázala, jako metoda se stabilnějšími výsledky.

Daum prováděl rozsáhlé srovnání testů na 384 pacientech. Korelační koeficient u zakrývacího testu, Maddoxovy metody a Von Graefeho metody vždy přesáhl 0,89. [40]

Soderberg porovnal Maddoxův cylinder a Von Graefeho metodu. Korelační koeficienty dosáhly 0,97 pro horizontální heteroforie a 0,91 pro vertikální. [33]

Ve většině studií byla pro porovnání testů použita pouze korelace testů. Vysoký korelační koeficient indikuje vztah mezi dvěma metodami, ale neříká nám nic o shodě metod. [34]

Lepší opakovatelnosti testů je docíleno použitím zkušební obruby oproti forofteru. [39]

7.6. Testy pro zjištění a evaluaci fixační disparity

Testy pro vyšetření fixační disparity nahrazují testy pro vyšetření heteroforie, protože jsou dobrým indikátorem dekompenzace heteroforie. [17,18] Během subjektivního vyšetření fixační disparity není zrakový aparát disociován. Jsou přítomny centrální i periferní fúzní podněty a pouze určitá část testu je díky polarizaci viděna monokulárně. [2] Deviace jednoho nebo obou očí je tak malá, že nemůže být detekována zakrývacími testy. V praxi jsou používány subjektivní testy pro vyšetření fixační disparity, ale fixační disparitu lze detekovat i objektivně pomocí sledování očních pohybů speciálním vybavením. Všechny testy pro zjištění fixační disparity způsobí arteficiální podmínky pro zrakový aparát, ale méně než testy pro zjištění heteroforie. [1]

7.6.1. Mallettův test

Mallettův test byl navržen pro detekci fixační disparity při vyšetření do dálky i do blízka a je používán hlavně v Anglii, ale i jinde ve světě. Centrální fixační podnět je slovo OXO, které je viděno oběma očima. Monokulárně viděné značky jsou dvě linie, které jsou zarovnané s písmenem X. Disociace těchto monokulárních značek dosáhneme polarizací. Za přítomnosti fixační disparity bude jedna nebo obě linie nezarovnaná se středem písmene X. Během testu je pacient instruován k pohledu do středu písmene X. S Mallettovou jednotkou není možné měřit stupeň fixační disparity ve stupních a minutách, ale počet prizmatických dioptrií, které neutralizují fixační disparitu nebo sférickou změnu, která zarovná fixační disparitu. Počet prizmatických dioptrií se dříve nazýval asociovaná heteroforie pro jasné odlišení od disociované heteroforie. Tento termín, ale nebyl přesný, a tak byl v roce 1995 nahrazen termínem zarovnávací prizma (aligning prism). Díky složitému a nešikovnému překladu tohoto termínu se v Čechách i jiných zemích stále používá termín asociovaná heteroforie. Stupeň fixační disparity je v korelaci s počtem prizmat pro zarovnaní fixační disparity. [1]

Mallettova jednotka na blízko taktéž obsahuje testy pro kvantifikaci foveální suprese, zrakové ostrosti a stereopse, neboť tyto údaje jsou důležité pro zvážení dekompenzace heteroforie. [1]

7.6.2. MKH

MKH (Measuring and Correcting Methodology after H.-J. Haase) je metodika vytvořená v půlce 50. let v Německu. Haase vytvořil motorickou a senzickou teorii, ve které popisuje různé stupně dekompenzace asociované heteroforie a strategii k následné prizmatické korekci. [18] Tato metoda je používána především v německy mluvících zemích. Plná korekce předepsaná na základě měření disociované heteroforie není dobře snášena, ale korekce dle metodiky MKH je většinou snášena dobře, protože je měřena během přirozenějších podmínek za přítomnosti fúzního stimulu. [32] Jako následek prizmatické korekce můžeme pozorovat změnu v tonické pozici očí, posun v křivce fixační disparity a také posun ve fúzních rezervách. Tento fenomén nazýváme prizmatická adaptace nebo pomalá fúzní vergence (kap. 3.1.2.). Haase ale navrhnul jiné vysvětlení: “akumulovaný tonus extraokulárních svalů udržuje deviaci částečně latentní, i když je zrakový aparát disociovaný.” Odkrytí plné odchylky deviace je tedy postupný proces, při kterém se snažíme uvolnit tento tonus stejně jako se snažíme uvolnit tonus akomodace při vyšetření hypermetropie. Prizmatická adaptace tedy dle Haaseho není kontraindikací k předpisu prizmat, naopak tento posun hodnotíme jako odkrytí plné odchylky a znovu plnou odchylku korigujeme. Použitím parciálně disociovaných stimulů MKH cílí na odkrytí plné hodnoty asociované heteroforie. [18]

Ve studii [41] bylo 46 symptomatických pacientů korigováno dle metodiky MKH. U 80 % pacientů bylo potřeba zvýšit prizmatickou korekci. U všech subjektů odezněly subjektivní příznaky a zrakové schopnosti se zlepšily. Toto zlepšení bylo dlouhodobě udrženo. V navazující studii [19] jsou ale popsány určité případy, kdy metoda plné korekce změnila heteroforii ve strabismus vyžadující operaci.

Haase podává ucelenou teorii vzniku latentního mikrostrabismu, ale velká část odborné veřejnosti jí není nakloněna. Některé Haaseho předpoklady jsou v konfliktu s novými experimentálními nálezy. [18]

Dle teorie MKH je klidová akomodační a vergenční poloha v optickém nekonečnu. Ale podle provedených experimentů je klidová pozice ve střední vzdálenosti. [18] Taktéž předpoklad, že korekce do dálky vyřeší všechny symptomy, a to i ty do blízka, je mylný. AC/A poměr je mezi pacienty různý a taktéž asociovaná heteroforie je různá pro různé vzdálenosti. Vyšetřovací jednotka MKH na blízko sice existuje, ale teorie k prizmatické korekci do blízka v MKH chybí. [18]

Asi největší předmět sporu mezi senzorickým a motorickým přístupem k prizmatické korekci je pohled na prizmatickou adaptaci neboli pomalou fúzní vergenci. Zatímco pro optometry aplikující motorický přístup je prizmatická adaptace kontraindikací k předpisu prizmat, dle senzorického přístupu je tento prizmatický nárůst brán pozitivně jako odkrytí plně latentní deviace. Prizmatická adaptace je již popsána mnoho výzkumy. Například studie [42,43] ukazují, že pacient s exoforií je schopen navyknout na prizma bází ven a pacient s esofoří je schopen adaptovat prizma bází dovnitř, i když jejich schopnost adaptace je značně snižená. Tyto důkazy mluví proti odkrývání plně odchyly. Pomalá fúzní vergence se mezi pacienty liší. Jsou zdokumentovány případy, kdy korekce dle metodiky MKH zapříčinila změna heteroforie na heterotropii s nutností operace. Haase sám podstoupil operaci oko-hybných svalů, která byla možná nutná kvůli prizmatické korekci. [18]

Gerling a kol. ve studii [44] vyšetřovali vztah mezi subjektivní a objektivní fixační disparitou měřenou na ručičkovém testu. Bylo zjištěno, že subjektivní a objektivní fixační disparita při pozorování ručičkového testu jsou si víceméně rovné, ale když pacient pozoroval test bez disociace, nebyla nalezena žádná objektivní fixační disparita. Fixační disparita naměřená pomocí ručičkovém testu nemusí být přítomna za přirozených podmínek. Výsledky tohoto výzkumu jsou nejen v konfliktu s teorií MKH, ale taktéž se všemi testy pro vyšetření fixační disparity. Stereo test je důležitý při vyšetření, protože v případě nalezení úchyly na tomto testu, ale na jiném nikoli, je konstatováno, že pacient má starou fixační disparitu. Ale u subjektů s touto disparitou nebyla nalezena objektivní fixační disparita. [18]

7.6.3. Ostatní testy

Dalšími testy jsou například Wessonova karta, Saladinova karta, AO (American Optical) vektografický diapozitiv nebo Sheedyho disparometr. Sheedyho disparometr neobsahuje centrální fúzní podnět, a proto jsou naměřené hodnoty větší a více proměnlivé. S některými testy není měřena asociovaná heteroforie, ale přímo odchyly fixační disparity. [1]

7.6.4. Opakovatelnost a srovnání testů

Alhasaan ve studii [45] porovnával opakovatelnost MKH metodiky, Mallettova testu a AO karty (American optical vectographic slide) na dálku a Mallettova testu, AO karty, Saladinovy karty, Wessonovy karty a Sheedyho disparometru na blízko. 95% limit shody pro všechny horizontální hodnoty na dálku u symptomatické skupiny byl menší než 1,25 Δ , kromě AO karty, kde byla opakovatelnost horší s limitem shody 1,7 Δ . Limity spolehlivosti pro asymptomatickou skupinu byl u všech testů menší než 0,875 Δ . Při vyšetření do blízka

dosahoval limit spolehlivosti horizontální asociované forie do 2 Δ . Výjimka byl Sheedyho disparometr, který dosáhl mnohem horší opakovatelnosti. Kromě disparometru nebyly průměry odchylek na 95% hranici spolehlivosti statisticky významné. 95% limit shody pro vertikální odchylky byl maximálně 0,375 Δ u všech měření.

Na svoji práci dále navázal ve studii [46], kde se zaměřil na porovnání MKH metodiky s dalšími testy. Horizontální a vertikální asociovaná heteroforie do dálky i do blízka byla vyšetřena u 30 symptomatických a u 30 asymptomatických pacientů, kteří byli rozděleni na základě dotazníku. Testy pro srovnání byly stejné jako v předchozí studii [45]. Horizontální asociovaná heteroforie se velice lišila mezi testy s centrálním fúzním podnětem a bez. Výsledky křížového testu bez fúzního podnětu byly významně více exoforické než u ostatních testů. Průměr výsledků z disparometru se významně uchyloval do esoforie oproti ostatním testům. V asymptomatické skupině se průměrné hodnoty většiny testů nelišily o více než 0,5 Δ . Ale u symptomatické skupiny byly rozdíly větší. 95% limity shody dosáhly maximálně 1 Δ pro asymptomatickou skupinu, ale pro symptomatickou skupinu dosáhly 2,5 Δ . Výsledky MKH metodiky byly více proměnlivé než u ostatních testů, a to zejména u symptomatické skupiny. Tyto výsledky indikují větší citlivost MKH oproti ostatním testům. Pro vertikální asociovanou forii nebyly mezi testy žádné významné odchylky.

7.7. Testy pro zjištění a evaluaci stereopse

Stereopsi rozlišujeme na globální, která je vyšetřována random dot testy a lokální, která je vyšetřována stereogramy a vektografy, u kterých rozlišujeme kontury obrazců. Strabismus je vždy doprovázen zhoršením globální stereopse, ale nemusí nezbytně zhoršit lokální stereopsi. Bylo dokázáno, že monokulárně získané informace ovlivňují výsledky těchto testů: Titmus circles, random dot E, Lang II. Stereotest. Další studie ukázala, že žádný z běžně používaných testů není vhodný pro screening amblyopie a strabismu. [1,8]

7.8. Kompenzace heteroforie

Heteroforie vyžaduje léčbu, pouze když způsobuje symptomy nebo senzorickou adaptaci například supresi. Takovou heteroforii nazýváme dekompenzovanou heteroforií. U pacientů se supresí většinou symptomy nenacházíme. Při nově vzniklých symptomech hledáme příčiny, které za náhlou dekompenzací heteroforie stojí a snažíme se je odstranit. Dekompenzace může být sekundární efekt zranění, choroby nebo celkově zhoršeného

zdravotního stavu. U patologie nebo zranění, která přímo ovlivňují oko a přídatné orgány, je heteroforie často inkomitantní a může se v určitém pohledovém směru měnit ve strabismus. Faktory, které ovlivňují kompenzaci, můžeme jednoduše rozdělit na heteroforii, senzorickou fúzi a motorickou fúzi. Musíme ale mít na mysli, že tyto faktory jsou ovlivněné prostředím. Pro změnu kompenzované heteroforie v dekompenzovanou stačí často změna vizuálních podmínek, jako například pracovní vzdálenost a osvětlení. Podrobně popisuje faktory pro dekompenzaci heteroforie Evans v publikaci [1].

8. Prizmatická korekce

8.1. Pravidla pro předpis prizmatické korekce

Většina předchozích studií ukázala, že žádný test nebo metoda pro vyšetření binokulárního vidění nekoreluje dostatečně s pacientovými symptomy. Žádný test tedy není univerzální indikátor binokulárních dysfunkcí. [47] Existuje tedy spolehlivá metoda pro předpis prizmatické korekce, která kompenzuje heteroforii u pacientů, kteří jsou pro tuto léčbu vhodní? Existuje několik metod pro předpis prizmatické korekce, z nichž nejstarší jsou Maddoxova pravidla [30], která upravují naměřenou hodnotu vyšetřenou pomocí Maddoxova cylindru. Následně přišli Sheard [48] a Percival [25] s pravidly založenými na měření fúzních rezerv. Problémy těchto metod spočívají v rozdílnosti testů pro měření disociované heteroforie a v nízké opakovatelnosti těchto testů (kap. 6.5.1. a 6.5.2.). Taktéž opakovatelnost měření fúzních rezerv není dostatečná. [1] Mnoho autorů měřilo průměrné fúzní rezervy u velkého počtu subjektů a všichni jasně konstatují, že konvergentní fúzní rezervy do dálky jsou v průměru větší než divergentní. Z toho vyplývá, že Percivalovo kritérium není použitelné při vyšetření do dálky. [1]

Studie [49] se zaměřila na posouzení úspěšnosti prizmatické korekce předepsané na základě Sheardova kritéria. Bylo vyšetřeno 43 pacientů s heteroforií a astenopickými obtížemi. Pro každého pacienta byly zhotoveny dvojce brýle, jedny s prizmatickou korekcí a druhé bez. Pacient si náhodně vybral, jaké brýle zkusí dříve a nosil je jeden týden, potom byl týden bez brýlí a následně nosil týden druhé brýle. Z 43 pacientů 25 preferovalo brýle s prizmatickou korekcí. Prizmatickou korekci si zvolilo 14 z 19 esoforiků, ale pouze 11 z 24 exoforiků. Esoforie do dálky byla zjištěna u 13 pacientů, ze kterých 11 preferovalo prizmatickou korekci, ale z 8 esoforických pacientů do blízka, pouze 3 preferovali prizmatickou korekci. Metoda byla tedy neúspěšnější u esoforie do dálky, a to hlavně u vysokých heteroforií. Toto zjištění je v rozporu se studií [50], kde se Sheardovo kritérium ukázalo jako nejlepší ukazatel dekompenzace pro exoforii, ale tento výzkum zahrnoval pouze vyšetření do blízka. Presbyopičtí pacienti preferovali prizmatickou korekci exoforie do blízka více než mladší pacienti.

Sheedy a Saladin hledali ve studii [51] metodu, která nejlépe roztrídí vyšetřovaný vzorek na symptomatickou a asymptomatickou skupinu při vyšetření do dálky i do blízka. Celkově bylo vyšetřeno 103 studentů, ale pouze pár z nich trpělo astenopickými problémy do

dálky, z toho důvodu byly analyzovány pouze data do blízka. Nejlepším indikátorem symptomů bylo Sheardovo kritérium. Toto kritérium se ukázalo jako velice úspěšné při exoforii do blízka, ale ve studii [49], kde byla posuzována úspěšnost prizmatické korekce, pouze 11 z 24 pacientů s exoforií do blízka preferovalo prizmatickou korekci. Percivalovo kritérium se ukázalo jako nejlepší indikátor u esoforie do blízka.

Nejnovější metody jsou založené na fixační disparitě. Mallett [52] navrhnul, že asociovaná heteroforie identifikuje dekompenzovanou část heteroforie a počet prizmatických dioptrií naměřených na Mallettově testu odstraní symptomy. Ostatní výzkumy ale házejí stín pochybností na tuto metodu díky velikému počtu asymptomatických pacientů s asociovanou heteroforií. Fixační disparita u těchto pacientů nevznikla v reakci na dekompenzaci. Tato fixační disparita se nazývá chybová fixační disparita, která vzniká díky chybě vergenčního systému a kterou dle motorického přístupu není nutné korigovat [17,53]. Stále existuje nedostatek randomizovaných výzkumů s kontrolou placebo efektu pro určení účinnosti jakékoli léčby dekompenzované heteroforie. Testy pro fixační disparitu by měly být doplněny dalšími testy, které nám poskytnou další informace o zrakovém aparátu. [1]

8.2. Fixační disparita jako ukazatel dekompenzace heteroforie

Sheedy a Saladin se ve studii [50] zaměřili na hledání nejlepšího ukazatele dekompenzace heteroforie do blízka. Vyšetřování byli studenti optometrie a pacienti ortoptické ordinace. Sheardovo kritérium se ukázalo jako nejlepší ukazatel pro exoforii a disociovaná heteroforie se ukázala jako nejlepší ukazatel pro esoforii. Fixační disparita byla druhým nejlepším ukazatelem pro obě skupiny. U tohoto výzkumu si ale autoři byli vědomi, že výsledky jsou zkresleny určitou odchylkou, způsobenou výběrem pacientů ortoptické ordinace, kteří byli zahrnuti do programu na základě vyšetření disociované heteroforie a nikoli symptomů. Ve druhé studii [51] byla velká skupina studentů optometrie rozdělena na symptomatickou a asymptomatickou skupinu na základě dotazníku. Jako nejlepší ukazatel se nadále jevilo Sheardovo kritérium, ale heteroforie již nebyla dobrým ukazatelem symptomů. V obou studiích dopadly dobře testy založené na fixační disparitě. Dobře dopadly metody založené na měření křivky fixační disparity a měření fixační disparity ve stupních, ale asociovaná heteroforie se jevila jako horší indikátor dekompenzace heteroforie.

Yekta a kol. se ve studii [14] zabývali změnou disociované heteroforie, asociovaná heteroforie, fixační disparity a stereopse s věkem při vyšetření. Vyšetření do blízka podstoupilo celkem 187 osob ve věkovém rozmezí 10 až 65 let. Ukázal se posun heteroforie, asociované

heteroforie a fixační disparity s věkem směrem k exo odchýlkám, i když není jasné, nakolik je tento posun zapříčiněn presbyopickou adicí, na kterou ještě nebyl zrakový aparát adaptován. Studie taktéž popisuje vztah mezi symptomy, fixační disparitou a asociovanou heteroforií, ale žádný vztah nebyl zjištěn mezi přítomností symptomů a stupněm disociované heteroforie. Na rozdíl od předchozích studií nebyl nalezen vztah mezi symptomy a křivkou nucené vergenční disparity. Ukázalo se, že i když je fixační disparita dobrým ukazatelem dekompenzace, tak se s ní často setkáváme u naprosto asymptomatických pacientů. Na toto téma se zaměřil Jenkins a kol. [17] v následujícím výzkumu. Cílem autorů bylo najít hodnotu asociované heteroforie, která by mohla předpovědět, zda je pacient symptomatický či nikoliv. Vzorek byl rozdělen na pre-presbyopickou část a presbyopickou část, přičemž kritériem bylo dosažení 40. roku života. Toto záměrné rozdělení vyplynulo z předchozího výzkumu, kde se ukázalo, že asociace se symptomy se změnila v presbyopickém věku. U jednotlivých testů byla kalkulována specifická a senzitivita testu. Znova byla měřena i disociovaná heteroforie a znova se ukázala jako špatný indikátor symptomů. Bylo konstatováno, že měření disociované heteroforie není užitečný nástroj během rutinního vyšetření. V případě asociované heteroforie se u pre-presbyopického vzorku jevila jako hraniční hodnota 1 Δ . Mezi pacienty s asociovanou heteroforií 1 Δ bylo více symptomatických než asymptomatických. U pacientů s asociovanou heteroforií 2 Δ a více již bylo velmi obtížné najít asymptomatického pacienta. V presbyopickém vzorku byla jako hraniční hodnota stanovena asociovaná heteroforie 2 Δ . Při této asociované forii je pravděpodobnější nález symptomů u pacienta než nikoliv. [17] Tyto hraniční hodnoty jsou často označovány jako Mallettovo kritérium a je běžně používáno.

Na tuto práci dále navázali autoři ve studii [53]. Zde byla vyšetřena asociovaná heteroforie na Mallettově testu u 500 pacientů. Stejně jako v předchozí práci [17] byl nalezen silný vztah mezi asociovanou heteroforií do blízka a pacientovými symptomy s podobnými hraničními hodnotami. Při vyšetření do dálky ale nebyl nalezen významný vztah. Autoři z výsledků vyvodili, že toto vyšetření není dobrým indikátorem dekompenzace do dálky. Na druhou stranu sami autoři v závěru přiznali, že tento výsledek může být zkreslen nepřesným dotazníkem na symptomy. Jestliže jsou symptomy dekompenzované heteroforie (bolest hlavy, rozmazané vidění) do dálky méně specifické než do blízka, ovlivní to korelaci. Je tedy vyžadován výzkum pro bližší určení specifických symptomů. Výzkum také ukázal, že určitý stupeň asociované heteroforie mohou mít i naprosto asymptomatické pacienti. Mallettovo kritérium je často používáno i pro zhodnocení kompenzace do dálky, i když všechny dosavadní výzkumy ukázaly slabý vztah asociované heteroforie se symptomy do dálky.

8.2.1. Fixační disparita versus ostatní pravidla k předpisu prizmat

Arner ve studii [54] porovnával korelace mezi symptomy na základě dotazníku, Sheardova kritéria, Percivalova kritéria a fixační disparitou při vyšetření na 2,5 metru. Nejvyšší korelace se symptomy dosáhla fixační disparita.

Conway [55] si uvědomil, že existují různé metody a přístupy k dekompenzované heteroforii mezi ortoptisty, optometry a oftalmology. Mezi optometry je pro předpis prizmatické korekce nejvíce využíván Mallettův test a další testy pro měření asociované heteroforie, ale tyto testy jsou jen velmi zřídka používány oftalmology nebo ortoptisty. Ti často využívají metody založené na měření fúzních rezerv. Cíl této studie bylo zjistit korelaci mezi těmito metodami. Vyšetřeno bylo 500 pacientů na 40 cm a na 6 m. Při vyšetření do blízka byla nalezena silná korelace ($p < 0.001$, korelační koeficient $r = 0,812$) mezi exo asociovanou heteroforií a pozitivními fúzními rezervami. Při vyšetření na dálku byla nalezena slabá korelace mezi eso asociovanou heteroforií a negativními fúzními rezervami ($r = 0,340$). Vzhledem k tomu, že obě metody jsou používány i k předpisu prizmatické korekce na dálku, zdůraznil autor potřebu dalších výzkumů, které budou mít za cíl porovnání těchto metod.

Ve studii [56] bylo prokázáno, že pacienti s větší fixační disparitou nemají zlepšenou binokulární zrakovou ostrost oproti monokulární. Ale po prizmatické korekci dle Mallettova testu se binokulární zraková ostrost zlepšila. Rozdíl mezi monokulární a binokulární zrakovou ostrostí byl po prizmatické korekci podobný jako u ortoforických pacientů.

Randomizovaná studie [57] s kontrolou placebo efektu prokázala, že většina pacientů dává přednost brýlím s prizmatickou korekcí předepsanou na základě Mallettova testu oproti brýlím bez prizmatické korekce.

Prizmatická korekce na základě Mallettova testu není aplikovatelná na všechny pacienty, i když byly uvedeny přesvědčivé důkazy o spojitosti pacientových symptomů s asociovanou heteroforií. Korekce dle Mallettova testu značně zlepší binokulární zrakovou ostrost a rychlost čtení. Fixační disparita je spojena se zhoršenou stereopsí a abnormálními zrakově evokovanými potenciály. Pro korekci dekompenzované heteroforie do dálky ale není vyšetření asociované heteroforie dostatečné. Je vyžadováno spojení více metod k obdržení více informací o zrakovém aparátu a vždy brát ohled na individuální problémy a potřeby pacienta.

[58]

8.3. Prizmatická adaptace

Provedené výzkumy prokázaly, že přítomnost a velikost pomalé fúzní vergence je spojena s kompenzací heteroforie. Čím horším jsou symptomy dekompenzované heteroforie, tím méně pravděpodobná je prizmatická adaptace. Ve vážných případech dekompenzované heteroforie je vergenční adaptace redukována téměř na nulu. V méně vážných případech je adaptace přítomna ale v menším měřítku než u plně kompenzovaných odchylek. Neschopnost prizmatické adaptace u pacientů s dekompenzovanou heteroforií je možná část příčiny vývoje binokulární anomálie. V některých případech je posilování vergenčního adaptčního mechanismu první volbou léčby. Vergenční adaptace je u starších pacientů redukována. To je důvod, proč je prizmatická korekce s klidem předepisována starším pacientům, neboť prizmatická adaptace je málo pravděpodobná a posilování pomalého vergenčního systému je u starších pacientů neúčinné. [47]

Rozhodnutí, zda předepsat prizmatickou korekci, leží na bedrech každého optometristy, ale stále bychom měli mít na paměti nebezpečí prizmatické adaptace. Prizmatickou adaptaci můžeme vyšetřit během jednoho sezení s klientem, neboť pomalá fúzní vergence vyžaduje pro stabilizaci zhruba 10 minut. [53] Můžeme ponechat klienta s naměřenou prizmatickou korekcí ve zkušební obrubě a vyšetřit asociovanou heteroforii znovu po 10 minutách. [47] Jestliže je asociovaná heteroforie po této době znova přítomna, tak je vergenční adaptační systém dostatečně silný pro překonání prizmatického účinku. Předepsaná prizmatická korekce poskytne v tomto případě pouze malý benefit a riskujeme zvýšení celkové odchylky. Taktéž nám toto vyšetření napoví, zda je pacientův zrakový systém dostatečně flexibilní pro léčbu zrakovým tréninkem. Jestliže pacient trpí symptomy a je schopný pomalé fúzní vergence, můžeme ji trénovat a tím snížit celkovou hodnotu heteroforie. [47] Vergenční adaptace je ve významné korelaci se symptomy a tím pádem by mohla být dobrým indikátorem dekompenzace. [43]

Pomalá fúzní vergence je postupně odbourávána během disociace zrakového aparátu. Délka disociace zrakového aparátu tedy ovlivní hodnotu heteroforie. Můžeme dokonce vyšetřit jaká část heteroforie je korigována pomalou fúzní vergencí. Tato vergence se rovná rozdílu heteroforie naměřené ihned po disociaci a po určitém časovém úseku nepřetržité disociace. Pro naprostou minimalizaci vlivu pomalé fúzní vergence je potřeba 25 minut disociace zrakového vjemu, ale pro vyšetření přítomnosti prizmatické adaptace stačí pouze 5 minut. Je potřeba další

výzkum pro zkoumání vztahu této pomalé fúzní vergence korigující heteroforii a prizmatické korekce. [58]

8.4. Prizmatická korekce vybraná pacientem

Vyšetření disociované a asociované heteroforie probíhá za arteficiálních podmínek. [1] Studie [60] se tedy zaměřila na téma prizmatické korekce, která je nejkomfortnější pro pacienta za přirozených podmínek. Aby byly pro všechna vyšetření stejné podmínky, byl vždy použit Mallettův test, ale pro měření disociované odchytky byl upraven tak, aby pravé oko vidělo pouze bílou tečku. Vyšetřeno bylo 20 subjektů. U většiny vyšetřovaných se komfortní prizma výrazně lišilo od disociované i asociované heteroforie. V průměru byly hodnoty disociované a asociované heteroforie posunuty o 2Δ směrem k eso odchytkám než komfortní prizma. Tento výzkum naznačil, že arteficiální podmínky při vyšetření mohou způsobovat nechtěné odchytky. Taktéž bylo naznačeno, že prizmatická korekce stanovená pacientem samotným za přirozených podmínek by mohla být pro pacienta nejvhodnější. Nebezpečí prizmatické nadměrné korekce nehrozí, protože hodnoty komfortního prizmatu byly v průměru nižší než u ostatních metod.

Na tento výzkum navázali autoři ve studii [61]. Termín komfortní prizma nahradili termínem prizmatická korekce vybraná pacientem. Vyšetřeno bylo taktéž 20 subjektů a tentokrát byla zkoumána také opakovatelnost metod. U 16 pacientů byla hodnota asociované heteroforie více uchýlená k eso-odchytkám. Větší změny než 1Δ asociované heteroforie byla nalezena u 8 z 20 pacientů a u prizmatické korekce vybrané pacientem u 11 z 20 subjektů. Rozdíly mezi těmito dvěma metodami připisují autoři binokulární rivalitě, která vzniká díky polarizaci značek na Mallettově testu a může ovlivnit vergenci. V závěru ale sami autoři zpochybňují přirozenost měření prizmatu vybraného pacientem. Pro všechna vyšetření bylo použito rotační prizma, se kterým mohl manipulovat sám pacient. Impulz pro bifoveolární fixaci očí je určitá fixační disparita, která stimuluje fúzní pohyb. Tento systém funguje jako uzavřená smyčka se zpětnou vazbou (angl. closed feedback loop). Ale rotační prizma při vyšetření stále mění fixační disparitu a tento systém tak nemůže fungovat. Následně se oči uchylují do klidové pozice. Tuto pozici můžeme nazvat klidová vergenční pozice při stimulaci stejnými obrazy. Fúzní zpětná vazba je nahrazena zpětnou vazbou diskomfortu.

9. Jiná řešení dekompenzované heteroforie

9.1. Odstranění příčiny dekompenzace

Jak již bylo zmíněno (kap. 6.8.) prvním krokem u nově vyskytnutých symptomů dekompenzované heteroforie je vyhledání příčiny dekompenzace. Kompenzace může být ovlivněna zdravotními faktory: nekorigovanou refrakční vadou, patologií v očním aparátu nebo celkově zhoršeným zdravotním stavem. Dekompenzace může také být způsobena prostředím. Například pacient, který hodiny pracuje na velmi blízkou vzdálenost za nízkého osvětlení bude pravděpodobně za těchto podmínek trpět dekompenzovanou exoforií do blízka. Pro nápravu často stačí určitá změna pracovních podmínek. S těmito podmínkami se zabývá obor vizuální ergonomie. [1]

9.2. Sférická změna korekce

V některých případech může být úprava sférické korekce lepším řešením než předpis prizmatické korekce. Stejně jako na Mallettově testu měříme asociovanou heteroforii nebo lépe prizma, které zarovná fixační disparitu, můžeme podobným postupem předepsat sférickou korekci, která zarovná fixační disparitu. Tato metoda je založena na vztahu akomodace a konvergence, který popisuje AC/A poměr. Sférickou změnu korekce můžeme vypočítat dle změřeného či vypočteného AC/A poměru, ale vzhledem k tomu, že se tyto dvě hodnoty můžou lišit díky vlivu proximálnívergence, je nejlepší změřit sférickou úpravu, která zarovná fixační disparitu. Tato metoda má v Anglii často přednost před prizmatickou korekcí, protože neriskujeme prizmatickou adaptaci a navýšení heteroforie. Vždy ale musíme brát ohled na individuální potřeby klienta. Tuto metodu lze taktéž kombinovat s prizmatickou korekcí. [1]

9.3. Zrakový trénink

U pacienta, který trpí vizuálními symptomy je obvykle nejprve korigována refrakční vada. Korekci pacient nosí přibližně 1 měsíc. Samotná sférocylická korekce může vymýtit symptomy a také může pomoci binokulární koordinaci. Například potlačení anizometropické suprese korekcí refrakční vady. Obecně lze říci, že je možné dekompenzovanou heteroforii úspěšně léčit zrakovým tréninkem, i když záleží na mnoha faktorech jako například typ heteroforie, věku a motivaci pacienta. [1,8]

Je velice důležité porozumět povaze zrakových cvičení. Ortoptická cvičení můžeme přirovnat k učení se motorickým schopnostem, například jízdě na kole nebo psaní na klávesnici. Tyto schopnosti vyžadují opakované cvičení pro zkoordinování sensorického a motorického systému. Následně se tyto činnosti zautomatizují a stávají se z nich podmíněné reflexy. Ortoptika spočívá v reedukaci vizuálních reflexů a vhodných zrakových návyků. Oční cvičení necílí na posílení očních svalů, ale na obnovení správné motorické a sensorické koordinace. [1] Dle konvenčního přístupu ke zrakovému tréninku je možné zvýšit fúzní rezervy, ale nelze ovlivnit hodnotu heteroforie. Správným vizuálním tréninkem lze ale zlepšit rychlou i pomalou fúzní vergenci. To je důvod, proč je možné zlepšit schopnost prizmatické adaptace, která je u symptomatických pacientů většinou narušena. [62] Studie [63] ukázala, že cvičením konvergentních fúzních rezerv lze nejen zvýšit fúzní rezervy, ale také výrazně snížit exoforii.

Cvičení pro dekompenzovanou heteroforii můžeme rozdělit mezi 3 hlavní skupiny: zrakový trénink pro vývoj fúzních rezerv a relativní akomodace, zrakový trénink pro akomodaci a konvergenci a jejich vztah, zrakový trénink pro léčbu centrální suprese. [1,8]

U zrakového tréninku pro rozvoj fúzních rezerv a relativní akomodace se snažíme u esofoříků zvětšit divergentní fúzní rezervy nebo pozitivní relativní akomodaci a u exofoříků naopak. Snažíme se tedy buď měnit fúzní vergenci za neměnné akomodace, nebo měnit akomodaci za neměnné vergence. Cílem je posílit nebo zvětšit fúzní rezervy, které můžou kompenzovat heteroforii nebo rozšířit rozsah a uvolnit akomodačně-konvergenční vztah. Pro trénink nám mohou sloužit pomůcky jako anaglyfní nebo polarizované vektogramy, stereoskopy nebo synoptofor. Také lze použít metody ve volném prostoru, které využívají fyziologické diplopie. Příkladem této metody je například metoda tří koček. Dále mohou být využívány flippery s prizmatickou nebo sférickou hodnotou čoček. [1,8]

Někdy je užitečné cvičit akomodaci a konvergenci v jejich normálním vztahu. V případě nízké konvergenční nebo akomodační amplitudy mohou být praktikovány cviky s přibližováním předmětu (push up) nebo cviky, během kterých pacient přeostřuje z blízka do dálky. [1,8]

Dekompenzovanou heteroforii často provází foveální suprese, která je většinou intermitentní. V mnoha případech foveální suprese samovolně zmizí po kompenzaci heteroforie. Občas ale foveální suprese zůstává a můžeme se jí pokusit odstranit zrakovým tréninkem. Mezi pomůcky patří například karty do stereoskopu, kde je určitý detail zobrazen pouze pro jedno oko. Pacient je instruován, aby se pokusil tento detail stabilně vidět. Další

metodou je například metoda čtení s drátkem. Tato metoda využívá fyziologické diplopie. Drátek je držen před čteným textem, takže je viděn ve fyziologické diplopii. Následně se pacient snaží každé čtené slovo umístit mezi dva vnímané drátky, takže je pacient nucen používat fovey obou očí. Dalším krokem této metody může být použití tlustšího předmětu, který slouží jako septum, takže je každá část stránky viděna jedním okem. Alternativou jsou anaglyfní texty. [1,8]

10. Experimentální část

Další problematikou, kterou se budu zabývat, je experimentální porovnání vybraných vyšetřovacích postupů. V optometristické praxi se vyskytuje mnoho metod a testů pro vyšetřování heteroforie, ale otázkou je, zda jsou tyto metody mezi sebou porovnatelné a jaká metoda je případně nejvhodnější? V experimentální části práce budou porovnány dva běžně používané postupy, které ještě nebyly v žádné předchozí studii vzájemně srovnávány.

10.1. Úvod

Prvním cílem studie je porovnání dvou běžně využívaných metod pro předpis prizmatické korekce. Mnoho předchozích výzkumů [17,50,51,53] se zabývalo porovnáním různých metod pro vyšetření binokulárního vidění. Cílem těchto studií bylo najít nejlepší ukazatel dekompenzace heteroforie, tedy test, který nám poskytne informaci, zda je pacienta nutné léčit nebo ne. Výsledky těchto studií se liší, protože ve studiích bylo použito mírně odlišné vybavení, vyšetřen byl jiný vzorek, použita byla často jiná statistická metoda, ale hlavním důvodem je nejspíše rozdílný dotazník na pacientovy symptomy. Metody byly porovnávány na základě pacientových symptomů, takže jinak sestavený dotazník měl velký vliv na výsledky. Dokud nebude, na základě výzkumu, sestaven normovaný dotazník, není vhodné tuto metodu používat. V této práci budou metody porovnávány na naprosto odlišném principu. Během vyšetření je velice důležité všimnout si subjektivních pocitů pacienta. Když je pacientovy prizmatická korekce nepříjemná, nemá smysl ji předepisovat. Rozhodujícím kritériem pro porovnání budou v této studii subjektivní pocity pacienta.

Dalším cílem této experimentální studie je analýza vztahu mezi pacientovými symptomy a výsledky metod pro vyšetření disociované a asociované heteroforie. Dle výzkumů [14,17,53] má asociovaná forie vyšetřena Mallettovým testem významný vztah s pacientovými symptomy do blízkosti, ale dle studie [53] má pouze velmi slabý vztah se symptomy při vyšetření do dálky. Autoři naznačili, že tento výsledek může být ovlivněn špatně sestaveným dotazníkem a nízkou specificitou symptomů dekompenzované heteroforie do dálky. Mezi symptomy dekompenzované heteroforie patří například bolest hlavy, ale bolest hlavy může mít mnoho různých příčin, které nemusí přímo souviset s anomálií binokulárního vidění. Je tedy potřeba prozkoumat vztah symptomů s klinickými nálezy pro každý jednotlivý symptom. Popis tohoto vztahu by nám mohl pomoci pro zhodnocení dekompenzace heteroforie v praxi.

První porovnávanou metodou je měření disociované heteroforie Maddoxovým cylindrem s následnou úpravou prizmatické korekce dle Maddoxových pravidel [15]. Druhou metodou je měření asociované forie pomocí Mallettova testu [56]. Obě tyto metody budou vyšetřovány pro korekci do dálky. Navzdory tomu, že Maddoxova pravidla jsou mezi odbornou veřejností považována za zastaralá, jsou často využívána, pravděpodobně díky jednoduchosti vyšetření a nenáročnosti vyšetřovacích pomůcek.

10.2. Metodika výzkumu

Pro analýzu vztahu mezi heteroforií a symptomy dekompenzované heteroforie byl na základě předchozích studií [59] sestaven dotazník (příloha A). Každý symptom je hodnocen na škále od 0 do 4 dle frekvence a intenzity výskytu symptomů. Pomocí číselného výstupu tohoto dotazníku bude možné analyzovat vztah symptomů s naměřenými odchylkami z uvedených vyšetřovacích metod. Taktéž bude možno analyzovat významnost jednotlivých symptomů v anamnéze.

10.2.1. Vyšetřované osoby

Výzkum probíhal na dvou odlišných pracovištích. 29 probandů bylo vyšetřeno v Optice Jaroslav Policar a 21 probandů na Univerzitě v Záhřebu. Abychom mohli sjednotit tyto dva vzorky, musel jsem sjednotit vyšetřovací podmínky na těchto pracovištích, jako vyšetřovací vzdálenost, osvětlení a samozřejmě používané vybavení. Skupinu v Záhřebu tvořili převážně studenti optometrie, kteří často nepociťovali žádné problémy. Zatímco druhou skupinou tvořili zákazníci Optiky Jaroslav Policar, kteří byli často vybíráni na základě přítomnosti symptomů. V rámci zastoupení probandů s kompenzovanou i dekompenzovanou heteroforií jsem do analýzy zahrnul obě skupiny.

10.2.2. Průběh vyšetření

Nejdříve byla odebrána pečlivá anamnéza, zaměřená především na historii binokulárního vidění. Zaznamenány byly především informace o léčbě binokulárních poruch nebo amblyopie v dětství. Taktéž mne zajímala různá onemocnění, která by mohla způsobovat symptomy, které jsou uvedeny v dotazníku pro dekompenzovanou heteroforii. Například migrény potvrzené neurologem, dyslexie nebo různé oční patologie a úrazy. Pacient následně vyplnil dotazník ohledně symptomů binokulárního vidění.

Po anamnéze byla provedena zkouška motility a zakrývací testy. Sférocyklrická refrakce byla vyšetřena s pomocí manuálního foropteru Essilor RTE 60 na optotypu Polaskop 3D (obr. 2 vlevo) u jedné skupiny a na optotypu Zeiss Visuscreen 100 (obr. 2 vpravo) u druhé skupiny. Vzdálenost optotypu byla v obou případech 5 metrů. Akomodační vyvážení bylo provedeno pomocí třířádkového a Cowenova testu.

Nejdříve bylo provedeno vyšetření asociované heteroforie na Malletově testu a následně vyšetření disociované heteroforie pomocí Maddoxova cylindru na Maddoxově kříži. Použití Maddoxova kříže je nutné, protože čísla na Maddoxově kříži fungují jako akomodační podnět, který je při vyšetření nezbytný. Dodržení daného pořadí je důležité, protože přerušování fúze a vyšetření disociované heteroforie je veliký zásah do binokulárního vidění, které může ovlivnit fixační disparitu a asociovanou heteroforii. [64] Výzkum [39] prokázal, že je vhodnější použití zkušební obruby oproti foropteru. Vyšetření binokulárního vidění bylo tedy prováděno se zkušební obrubou a prizmatickou sadou. Hodnota prizmatické korekce, naměřená za pomocí Maddoxova cylindru, bude přepočtena pomocí Maddoxových pravidel. Následně budou tyto prizmatické korekce předloženy vyšetřovanému do zkušební obruby.

Na rozdíl od předchozích výzkumů budou metody porovnávány na základě subjektivních pocitů vyšetřovaného po předložení prizmatické korekce. Vyšetřovaný zhodnotí „příjemnost“ prizmatické korekce na škále od 1 do 10 po jedné minutě nošení této korekce ve volném prostoru.



Obrázek 2: Optotyp Polaskop 3D (vlevo) a optotyp Zeiss Visuscreen 100 (vpravo).

Samozřejmě bylo provedeno i vyšetření zrakového aparátu při pohledu do blízka. Heteroforie ve 40 cm byla vyšetřována pomocí Maddoxova kříže za přítomnosti pacientovy addice do blízka. Výsledky tohoto vyšetření byly pečlivě zváženy při zhodnocení celkového stavu pacientova zrakového aparátu a při předpisu finální korekce, ale nejsou zahrnuty v analýze.

10.2.3. Statistická analýza

Vzhledem k tomu, že chceme porovnávat dvě metody a poté zkoumat vztah výsledků těchto metod s pacientovými symptomy, musíme nejdříve zjistit, zda se výsledky těchto dvou metod statisticky liší. K tomu nám poslouží párový dvouvýběrový T-test [34].

H₀: Střední hodnota prizmatické korekce naměřené pomocí Malletova testu a Maddoxových pravidel se nebude statisticky lišit.

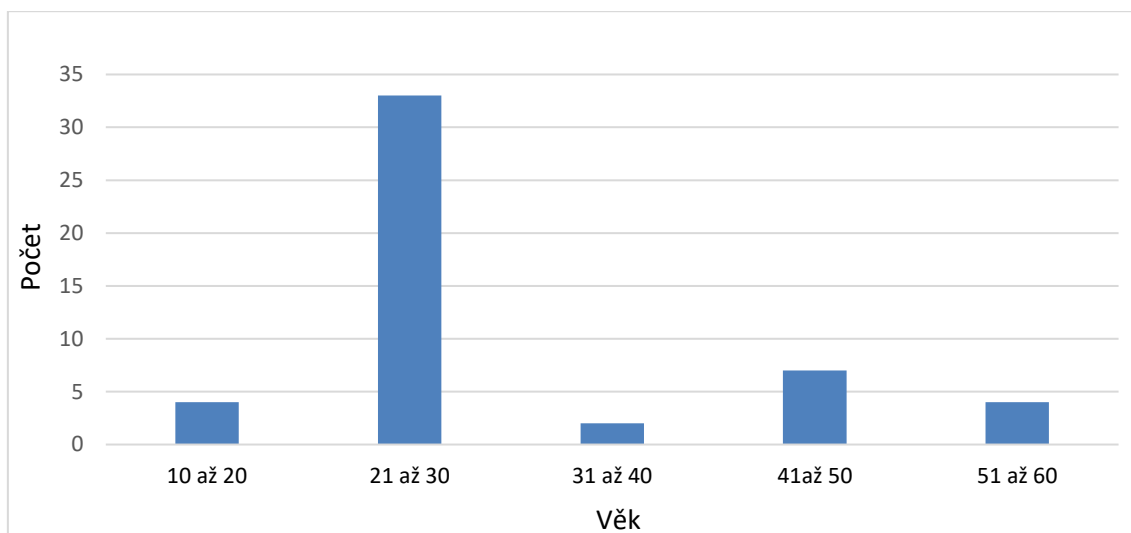
H_A: Střední hodnota prizmatické korekce naměřené pomocí Malletova testu a Maddoxových pravidel se bude statisticky lišit.

Dále chceme hodnotit vztah mezi pacientovými symptomy a naměřenými odchylkami. Pro tento účel nám poslouží Pearsonův korelační koeficient, který popisuje intenzitu lineární závislosti mezi proměnnými. Je důležité si uvědomit, že na rozdíl od předchozích výzkumů [50,51], které zkoumaly specifitu a senzitivitu testů, my zkoumáme vztah těchto proměnných. V těchto studiích byl vyšetřovaný vzorek rozdělen na symptomatickou a asymptomatickou skupinu na základě dotazníku na symptomy a následně porovnával testy dle schopnosti správně rozdělit subjekty do skupin. My chceme zkoumat právě symptomy, takže tato metoda je nevhodná.

10.3. Výsledky

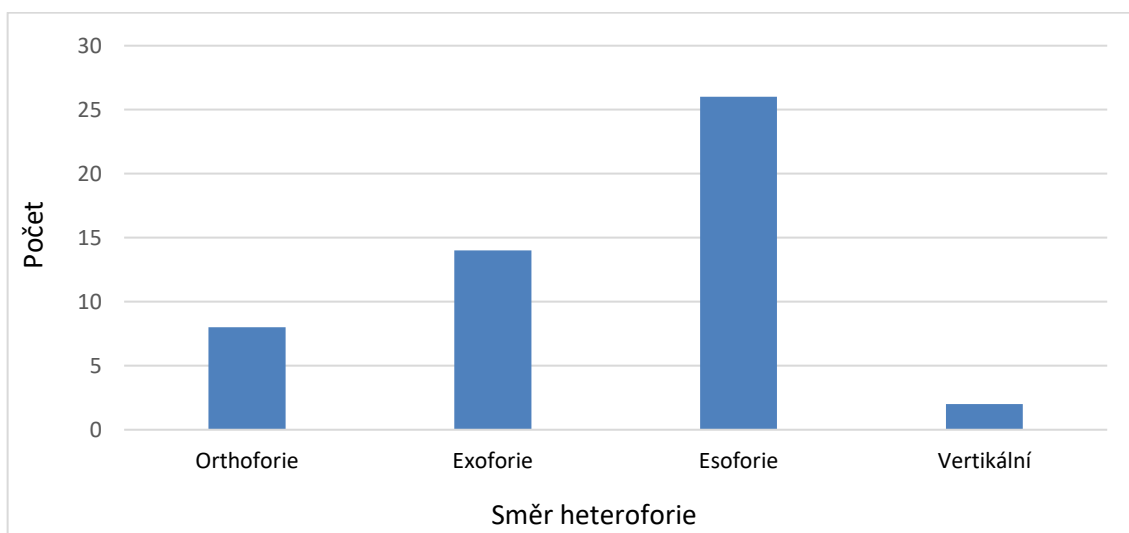
10.3.1. Analýza vzorku

Celkem bylo do studie zahrnuto 50 osob, 38 žen a 12 mužů ve věku od 13 do 58 let (průměr 28,5 roku, směrodatná odchylka 11,6 roku). Pro bližší představu o vyšetřovaném vzorku je na obrázku 3 uveden graf, který rozděluje zkoumaný vzorek do věkových skupin.



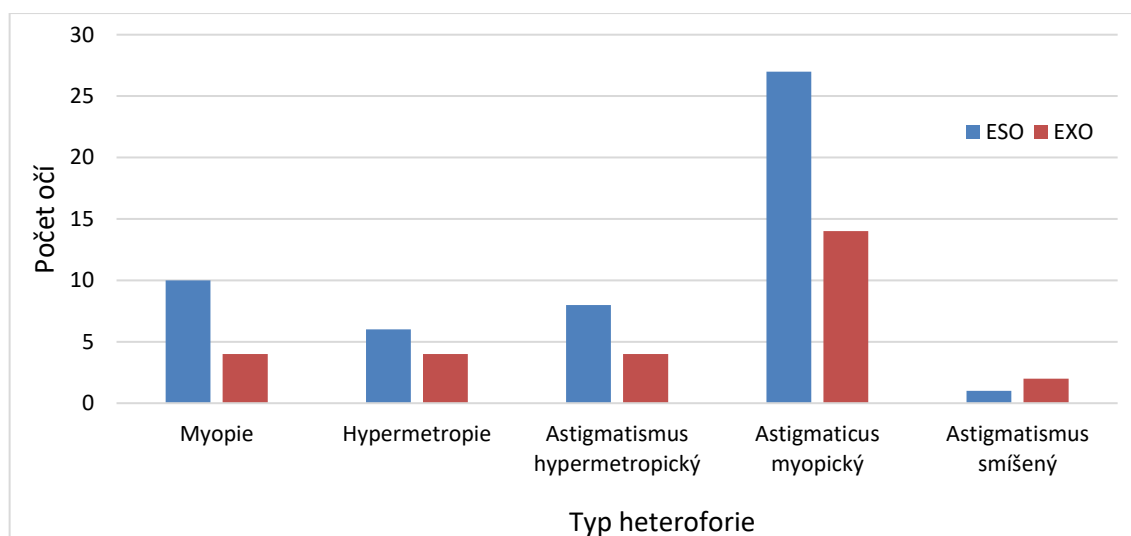
Obrázek 3: Graf rozložení věku ve vzorku.

Na následujícím obrázku 4 je uveden graf rozdělení vzorku dle směru heteroforie. U všech probandů se směr asociované heteroforie shodoval se směrem disociované heteroforie.



Obrázek 4: Graf rozložení heteroforie ve vzorku.

Refrakční deficit se ve vzorku pohyboval od - 9,25 dpt do + 3,5 dpt. Vztah směru heteroforie a refrakční vady je komplikovaná problematika. Veliký vliv na tento vztah bude mít fakt, zda je pacient korigovaný prvně a zrakový aparát ještě neměl čas na adaptaci, nebo pacient už podobnou korekci nosil. Například nekorigovaný hypermetrop by podle všech pravidel měl mít tendenci k esoforii. V rámci pomalé fúzní vergence (kap. 8.3) se může zrakový aparát přizpůsobit tak, aby i při nekorigované hypermetropii byl ortoforický. Když takovému pacientovi správně vykoriguje hypermetropii, bude v tomto okamžiku pravděpodobně exoforický, ale po adaptaci je pacient znovu ortoforický. Obdobně to bude fungovat i u nekorigované a prvně korigované myopie. V těchto případech nám může pomoci vyšetření pomalé fúzní vergence. Když je pacient schopen zadaptovat určitou prizmatickou nebo sférickou korekci, tak že se přiblíží ortoforii, nebude pravděpodobně trpět dekompenzovanou heteroforií. Na obrázku 5 je uveden sloupcový graf popisující vztah refrakčního deficitu a směru heteroforie, ale vzhledem k výše zmíněným důvodům nepozorujeme žádný vztah. V tomto grafu nejsou uvedeny vertikální odchylky, protože se u nich žádný vztah s refrakčním deficitem nepředpokládá.



Obrázek 5: Graf rozložení refrakčního deficitu a heteroforie.

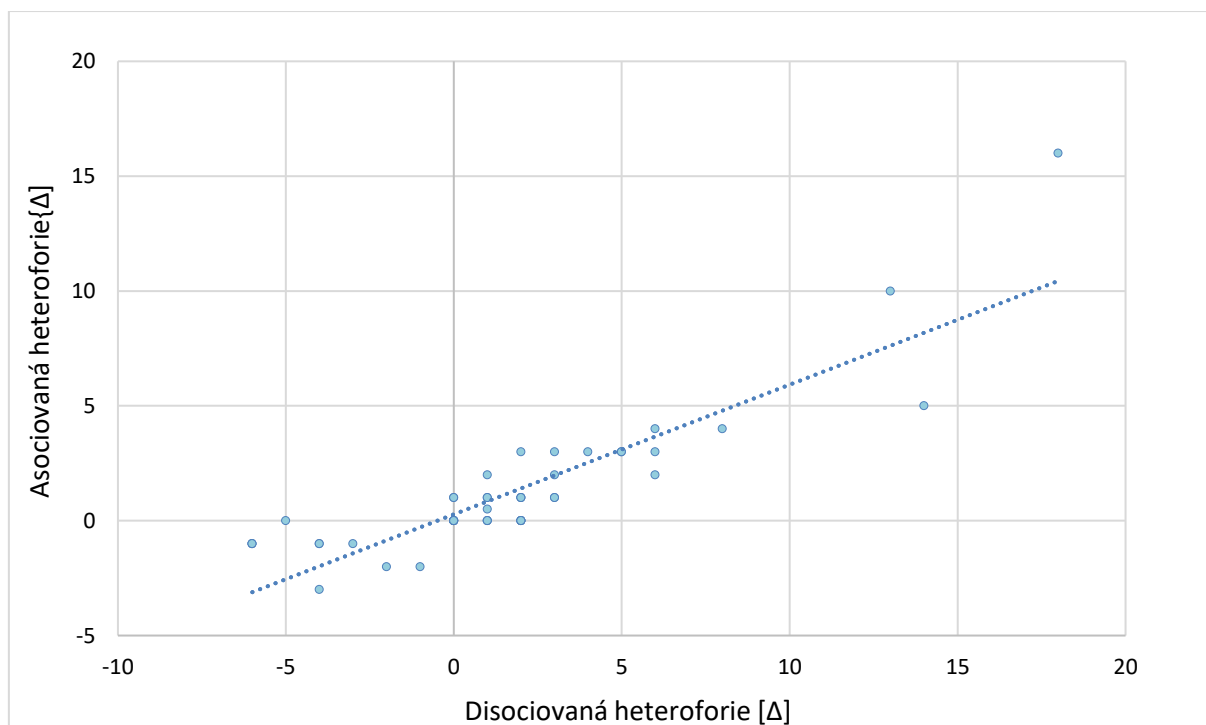
10.4. Porovnání metod

Tabulka 1 popisuje výsledky jednotlivých testů.

Tabulka 1: Výsledky zkoumaných metod.

	Rozsah (Δ)	Průměrná odchylka (Δ)	Směrodatná odchylka (Δ)
Maddoxův kříž	-13 až 18	1,62	4,63
Maddoxova pravidla	-9 až 12	1,14	2,97
Malletův test	-10 až 16	1,19	2,97

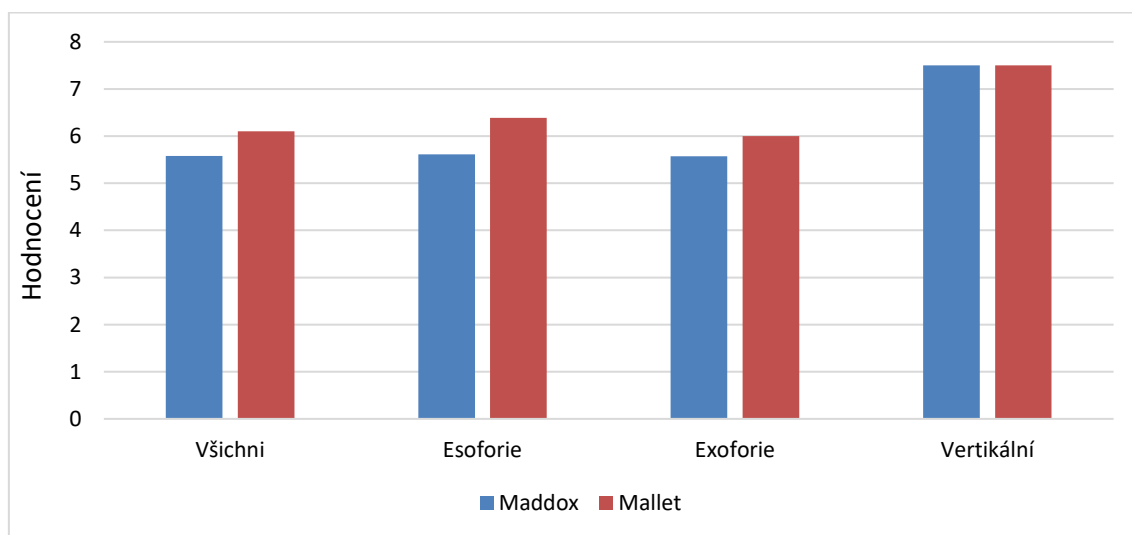
Z uvedených metod neočekáváme shodné výsledky, protože každou metodou vyšetřujeme něco jiného. Při vyšetření pomocí Maddoxova cylindru jsou eliminovány všechny fúzní podněty, a tudíž vyšetřujeme disociovanou heteroforii, zatímco Mallettovým testem vyšetřujeme heteroforii asociovanou za přítomnosti centrálních i periferních fúzních podnětů. Mezi danými metodami ale předpokládáme silný lineární vztah. Tento vztah můžeme pozorovat v bodovém grafu na obrázku 6. V naprosté většině případů by měla být asociovaná heteroforie menší než disociovaná a měly by mít stejný směr.



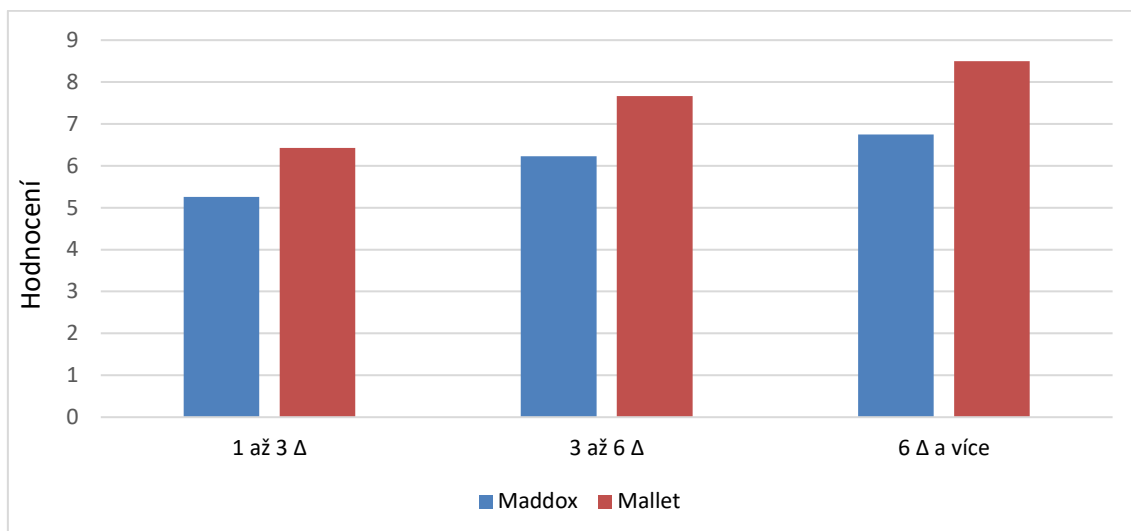
Obrázek 6: Bodový graf vztahu mezi disociovanou a asociovanou heteroforií.

V tabulce můžeme vidět, že se průměrné hodnoty dvou sledovaných metod příliš neliší a v grafu 6 můžeme pozorovat silnou lineární závislost metod. Pearsonův korelační koeficient mezi disociovanou a asociovanou heteroforií je $r = 0,85$. Po úpravě pomocí Maddoxových pravidel je Pearsonův korelační koeficient ještě vyšší $r = 0,89$. Jsou tedy tyto metody rozdílné, nebo je můžeme volně zaměňovat? Pro tento účel byl proveden párový dvouvýběrový T-test. Hypotéza shodnosti obou metod byla testována na hladině významnosti 5 %. Mezi porovnávanými metodami byla nalezen statisticky významný rozdíl ($p = 0,043$). Zamítáme tedy nulovou hypotézu a přijímáme hypotézu alternativní. Výsledky obou testů se tedy statisticky liší.

Jaká z těchto metod je ale pro vyšetření vhodnější? Metody založené na fixační disparitě a asociované heteroforii jsou dle řady studií [17,50,51,53] vhodnější než metody založené na disociačních technikách, ale žádná studie neporovnávala metody na základě subjektivních pocitů pacienta po předložení naměřené prizmatické korekce. Ze subjektivního hodnocení prizmatické korekce vychází lépe novější z testů, a to test Mallettův s průměrným bodovým hodnocením 6,1 (směrodatná odchylka 1,31). Výsledky Maddoxovy metody obdržely průměrné hodnocení 5,56 (směrodatná odchylka 1,67). Na následujících obrázcích 7 a 8 jsou grafy rozdělení subjektivního hodnocení pro různé typy a velikosti heteroforie.



Obrázek 7: Hodnocení prizmatické korekce pro různé typy heteroforie.

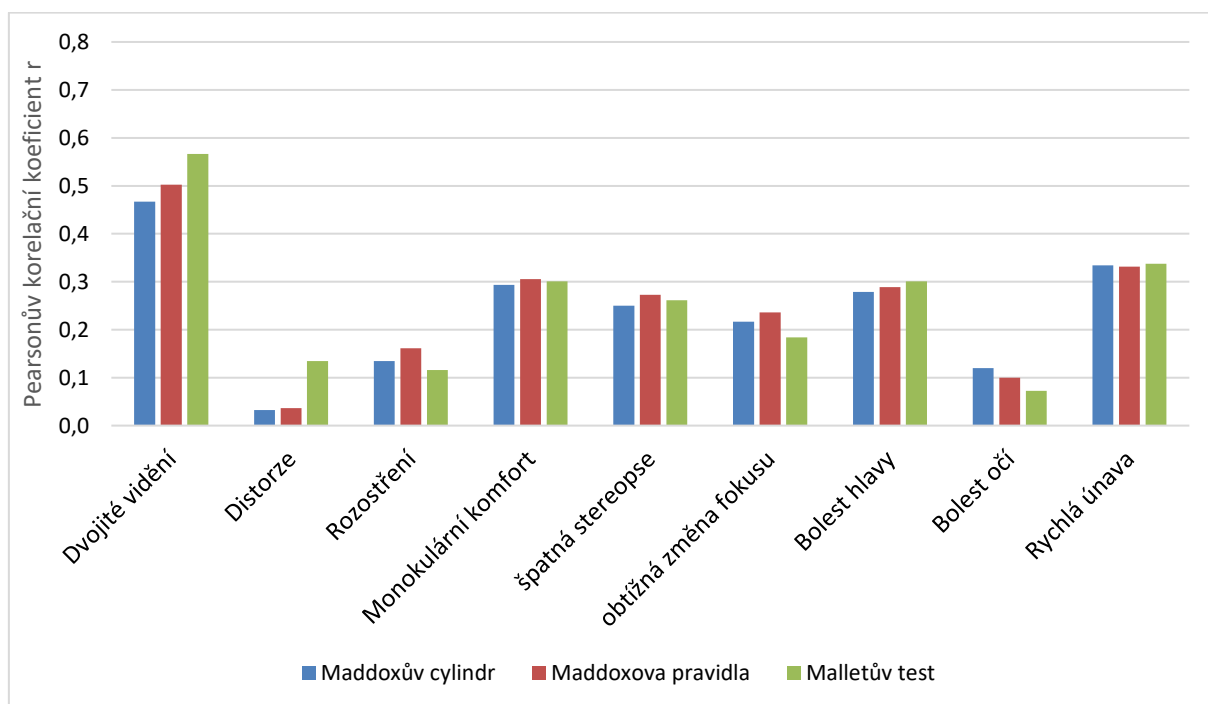


Obrázek 8: Hodnocení prizmatické korekce pro různou velikost heteroforie.

Korekce dle Malletova testu pro asociovanou heteroforii byla v průměru zákazníkům příjemnější než prizmatická korekce určená pomocí Maddoxova testu. Chtěl jsem taktéž zjistit, zda jeden z testů nebude vhodnější pro určitý typ heteroforie. Na obrázku 7 ale můžeme vidět, že korekce dle Malletova testu byla příjemnější pro všechny směry heteroforie kromě vertikálních odchylek, kde byla korekce dle obou metod snášena stejně. Ale vertikální odchylka byla ve vzorku přítomna pouze u dvou subjektů. Taktéž jsem chtěl posoudit, zda není jeden z testů vhodnější pro větší odchylky. Na obrázku 8 ale vidíme, že je korekce dle Malleta příjemnější pro všechny skupiny rozdělené dle velikosti prizmatické korekce.

10.5. Vztah mezi symptomy a heteroforií

Dalším cílem je analýza vztahu mezi symptomy a výsledky zkoumaných metod. Předpokládáme, že čím větší je odchylka, tím horší budou symptomy. Očekáváme tedy přibližně lineární závislost mezi počtem naměřených prizmatických dioptrií a pacientovými symptomy kvantifikovanými na základě dotazníku (příloha 1). Lineární závislost popisuje Pearsonův korelační koeficient. Čím více se koeficient blíží číslu 1 nebo -1, tím závislejší jsou na sobě proměnné. Mezi symptomem a výsledkem dané metody ale neočekáváme takto vysoké hodnoty z několika důvodů: symptomy jsou silně subjektivní, stejný symptom se nemusí vyskytnout u každého a žádný ze symptomů není specifický pouze pro heteroforii. Symptom s vysokým korelačním koeficientem je ve vysoké spojitosti s heteroforií. Na obrázku 9 můžeme pozorovat korelační koeficienty pro každý jednotlivý symptom a pro každou metodu.



Obrázek 9: Korelační koeficienty symptom – heteroforie.

Vidíme, že většina korelačních koeficientů je nízkých a pouze symptom občasného dvojitého vidění dosáhl hranice 0,5. Nyní se musíme zamyslet, proč tomu tak je? Velikým problémem při diagnostice dekompenzované heteroforie na základě symptomů je nespecificita daných symptomů. Všechny symptomy dekompenzované heteroforie mohou být způsobeny i jinými příčinami.

10.5.1. Popis symptomů

Občasné a únavové dvojitě vidění dosahuje nejvyšší korelace, protože je to častý a také docela specifický symptom. Dvojitě vidění ale může být způsobeno i jinými faktory, například kataraktou, vysokým nekorigovaným astigmatismem, neurologickými poruchami a úrazy.

Distorze obrazu a problémy se čtením dosahují pouze velice nízké korelace, protože to nejsou časté ani specifické symptomy. Distorze znamená například i pohyb a „skákání“ slov během čtení. Korelační koeficient indikuje vyšší vztah s výsledky Mallettova testu. Mallettův test je založen na fixační disparitě. Osy vidění pacienta s fixační disparitou (viz kap. 6.3) se neprotnou přesně ve fixovaném objektu. I když je daná odchylka stále v mezích Panumova areálu (viz kap. 4.2), může být až na jeho hranici a způsobovat distorzi obrazu. Distorzi obrazu může také způsobit například nekorigovaný astigmatismus, katarakta, VPMD a mnoho dalších patologií. Problém se čtením může být způsoben dyslexií.

Občasné rozostření obrazu také není specifický symptom. Příčinu tohoto symptomu bude nejdříve optometrista hledat v nekorigované hypermetropii, astigmatismu a presbyopii.

Naopak monokulární komfort neboli zakrývání či zavírání jednoho oka je celkem specifický symptom. I přesto se ale korelační koeficient pohybuje pouze okolo čísla 0,3. Možným vysvětlením je, že tento symptom je sice specifický pro dekompenzovanou heteroforii, ale nevyskytuje se často. Ne každý pacient s dekompenzovanou heteroforií si bude zakrývat jedno oko. Korelační koeficient nepopisuje specifitu symptomu, ale lineární závislost. Při testování specifity symptomu určujeme, kolik procent pacientů s tímto symptomem opravdu trpí zkoumanou nemocí. V této práci ale není takovýto přístup možný, protože neexistuje test, který by spolehlivě určil, zda pacient trpí dekompenzovanou heteroforií, či nikoli.

Dle studie [65] nebude mít pacient s vysokou heteroforií dobrou stereopsi. Uvedená studie hledala hodnoty heteroforie, které by byly mezní hranicí pro nábor pilotů. Tento symptom se ale pacientovi špatně hodnotí. I když má pacient naprostou supresi jednoho oka, většinou nemá problém s vnímáním hloubky prostoru, protože se naučí odhadovat vzdálenosti na základě monokulárních vjemů. Z tohoto důvodu je v této studii vztah s heteroforií pouze velice slabý.

Problém s přestřováním na různé vzdálenosti se také váže k dekompenzované heteroforii, ale primárně je spíše způsoben presbyopií nebo poruchami akomodace.

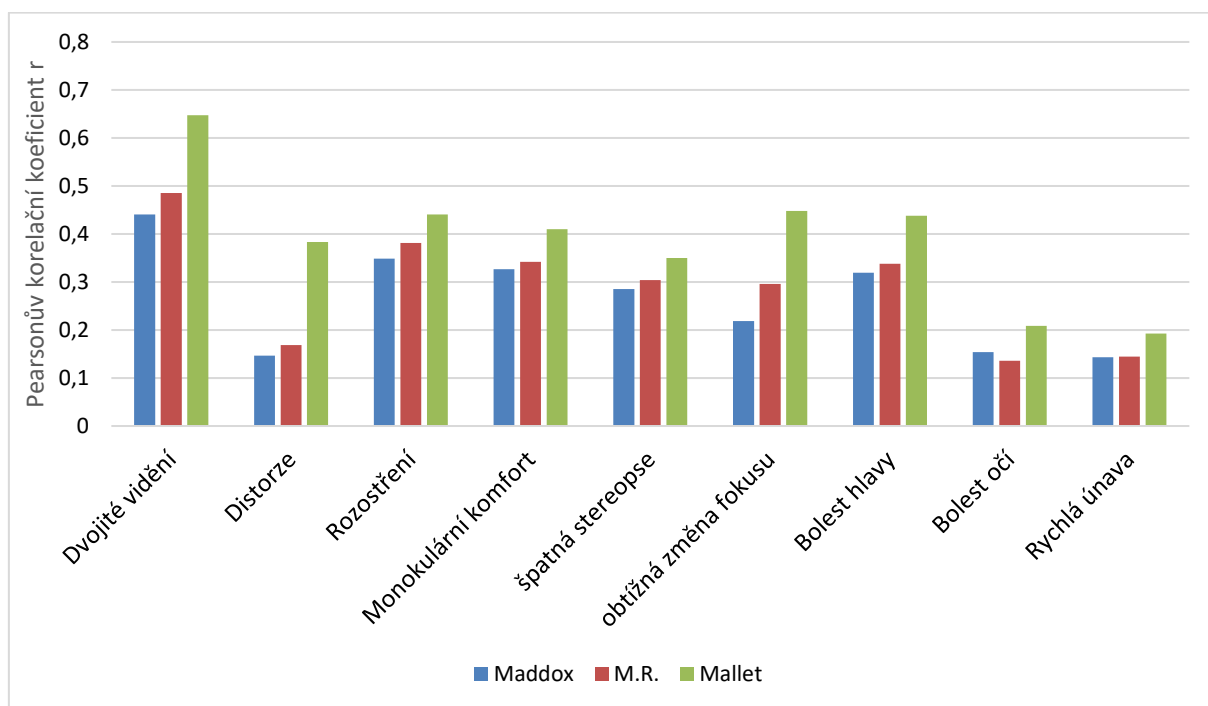
Symptom bolesti hlavy je jeden z nejméně specifických. Je velice obtížné zjistit, zda pacienta bolí hlava kvůli binokulárním poruchám nebo z jiných příčin. O něco lepší ukazatel je pro optometristu bolest očí, která ale také může být způsobena jinými příčinami. Dekompenzovaná heteroforie je často spojována s tupou bolestí za očima.

Dekompenzovaná heteroforie je také často spojována s rychlou unavitelností například během čtení nebo práci na počítači, ale tento symptom je také velice subjektivní a je obtížné ho kvantifikovat.

10.5.2. Pacienti se supresí

Suprese (viz. kap. 6.4) je určitý způsob našeho těla, jak se vypořádat s problémem, kterým dekompenzovaná heteroforie je. Suprese sníží u pacienta pocit subjektivních symptomů. U těchto pacientů se sice může podařit supresi potlačit a znovu obnovit plnohodnotné binokulární vidění, ale často je palčivá otázka, zda je to nutné. Je dobré zasahovat do zrakového aparátu pacienta, který nemá subjektivní problémy? Odpověď je velice individuální. Někteří pacienti ocení benefity obnoveného binokulárního vidění, ale někteří nemají motivaci zvykat si na nový prostorový vjem.

V rámci analýzy vztahu mezi symptomy a naměřenými odchylkami jsem ze vzorku odstranil 5 pacientů s parciální nebo úplnou supresí. Na obrázku 10 můžete pozorovat korelační koeficienty po této úpravě.

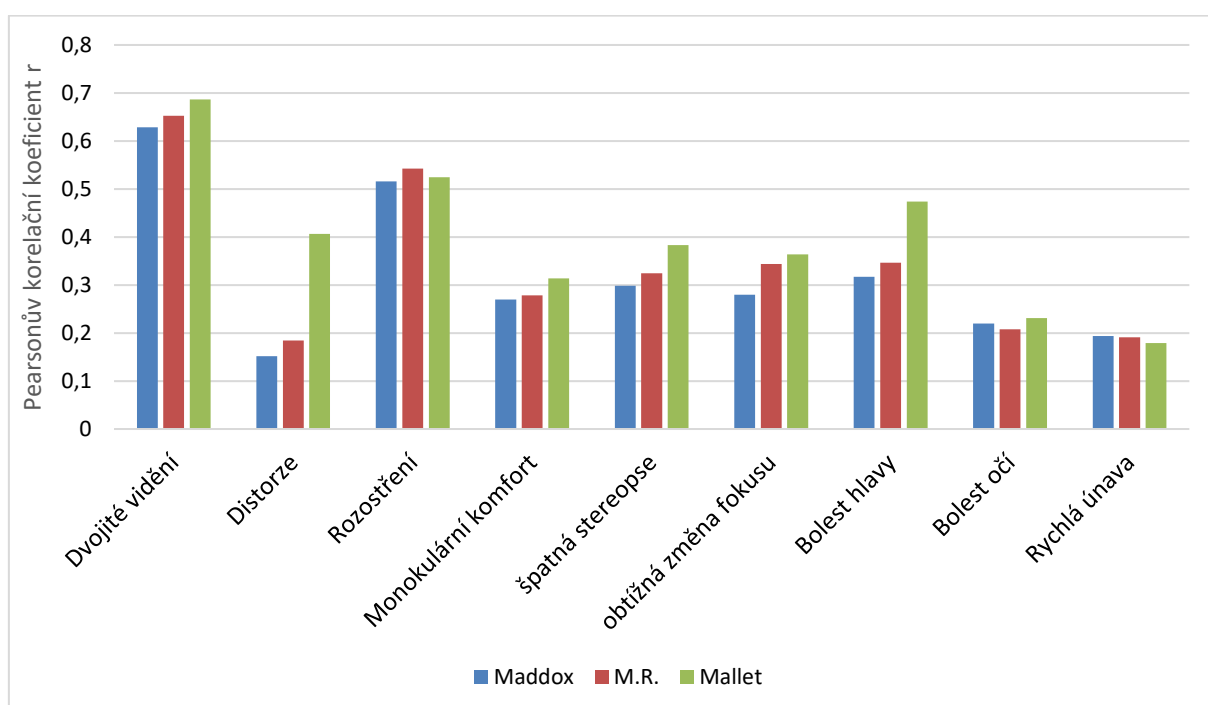


Obrázek 10: korelační koeficienty symptom – heteroforie po odebrání pacientů se supresí.

Na tomto grafu můžeme pozorovat zvýšení všech korelačních koeficientů kromě koeficientu pro symptom rychlé unavitelnosti během práce a čtení. Snížení tohoto koeficientu by mohlo indikovat, že naopak pacienti se supresí jednoho oka mají s tímto symptomem problém. Druhou věc, kterou můžeme na grafu pozorovat je zvýšení korelačního koeficientu pro Malletovu metodu oproti Maddoxově.

10.5.3. Pacienti s presbyopií

Výše bylo řečeno, že většinu symptomů může způsobit presbyopie. Jak se tedy změni korelační koeficienty po odebrání pěti presbyopických pacientů ze vzorku? Korelační koeficienty po úpravě jsou znázorněny na obrázku 11.

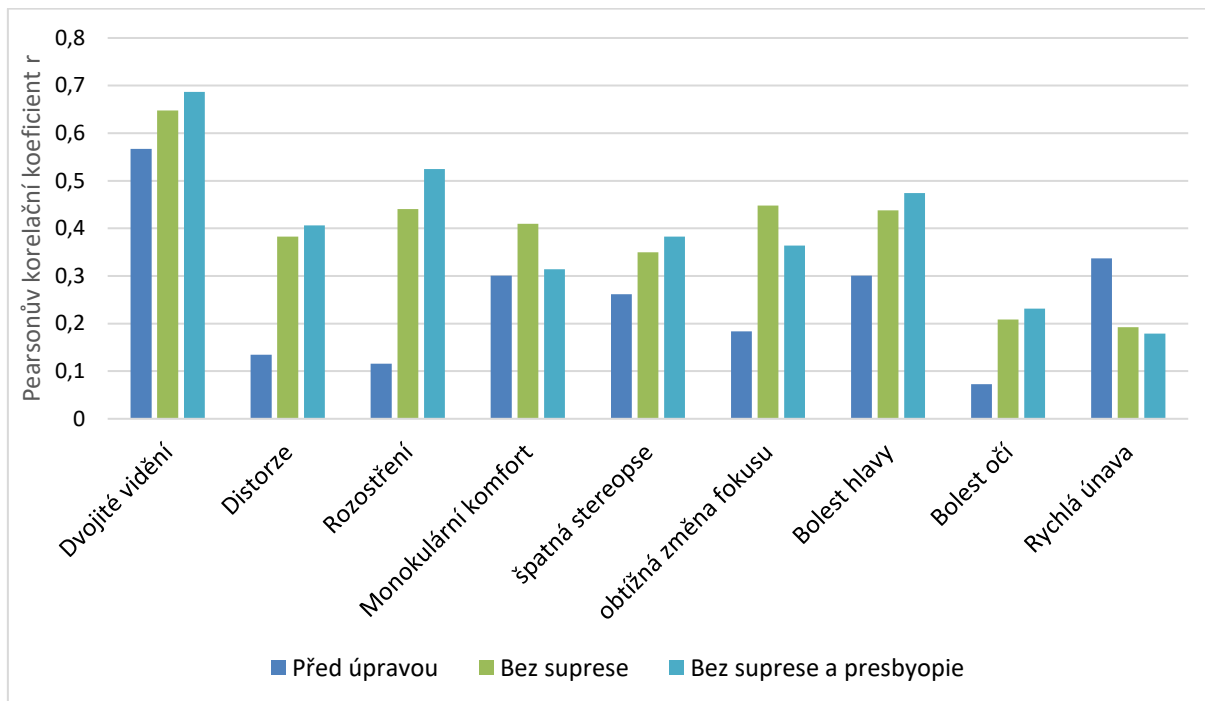


Obrázek 11: korelační koeficienty symptom – heteroforie po odebrání pacientů se supresí a presbyopií.

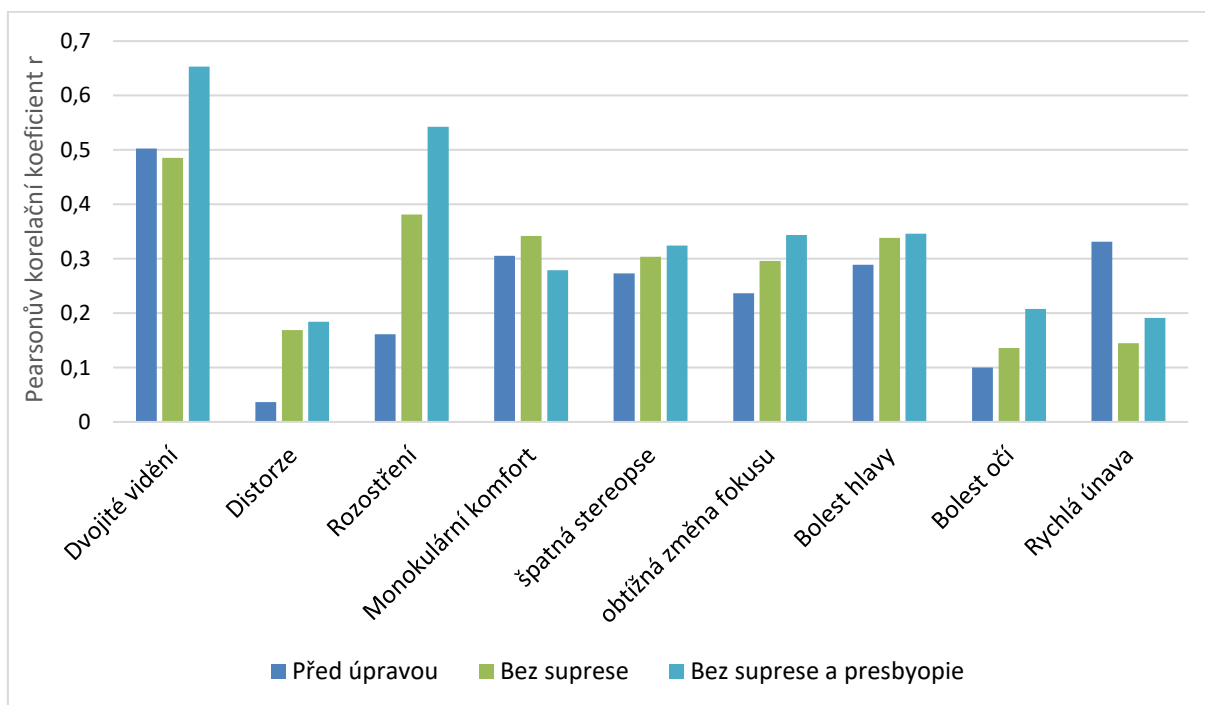
Můžeme pozorovat další nárůst většiny korelačních koeficientů indikujících silnější vztah mezi výsledky daných metod a subjektivními symptomy.

10.5.4. Změna korelačních koeficientů po úpravě vzorku

Na obrázku 12 můžeme vidět změnu korelačních koeficientů po úpravě našeho vzorku pro Mallettovu metodu a na obrázku 13 pro Maddoxovu metodu.



Obrázek 12: Srovnání korelačních koeficientů po úpravě vzorku pro Mallettovu metodu.



Obrázek 13: Srovnání korelačních koeficientů po úpravě vzorku pro Maddoxovu metodu.

Z grafů na obrázcích 12 a 13 můžeme vyčíst, že pro obě metody se většina korelačních koeficientů po odstranění pacientů se supresí a presbyopických pacientů zvýšila. Korelační koeficient pro symptom distorze se zvýšil po vyškrtnutí pacientů se supresí, ale již se nezměnil po odstranění presbyopických pacientů. To je logické, protože suprese jednoho oka utlumí tento symptom, zatímco presbyopie nemá na tento symptom silný vliv. Korelace symptomu monokulárního komfortu se taktéž zvýšila po odstranění pacientů se supresí, ale naopak se snížila po odstranění presbyopických pacientů.

Trochu překvapivý pokles korelačního koeficientu vidíme u symptomu obtížné změny fokusu po odebrání presbyopických pacientů na obrázku 12. Tento symptom s presbyopií velmi úzce souvisí, a tudíž by se měl zvýšit korelační koeficient po odstranění pacientů, kterým tento symptom presbyopie způsobuje. Nejspíše je to způsobeno faktem, že většina vyšetřených presbyopů nosí multifokální brýle, a z toho důvodu je tento symptom netrápí.

Tímto způsobem bychom mohli dále pokračovat a odebírat pacienty, kterým mohla daný symptom způsobit odlišná příčina. A takto by měl pracovat i optometrista během vyšetření. Pro každý subjektivní symptom je potřeba najít jeho pravou příčinu.

11. Diskuze

11.1. Porovnání metod

Navzdory tomu, že průměrné hodnoty obou metod byly velice podobné a že korelace mezi metodami indikovala vysoký vztah proměnných, byl pomocí párového dvouvýběrového T testu nalezen statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 5 %. Jak Maddoxova, tak i Mallettova metoda jsou běžně používány v praxi. Ale jak vidíme, plynou z těchto metod rozdílné výsledky. Tento výsledek není nijak zarážející, protože Maddoxovou metodou měříme disociovanou heteroforii a následně upravujeme tyto hodnoty na základě pravidel, které jsou založeny pouze empiricky, zatímco Mallettovou metodou měříme asociovanou forii, kterou je dle Malletta [52] možno předepsat bez úpravy.

Předchozí výzkumy [35,36,37,38,39] dokonce našly značné rozdíly mezi metodami, které měří disociovanou heteroforii, ale s jiným mechanismem přerušení fúze.

I když tyto dvě metody ještě nikdo neporovnával, byly porovnávány [54,55] metody založené na asociované forii s metodami založenými na vyšetření fúzních rezerv, a i mezi těmito metodami byl nalezen významný rozdíl.

Jaká metoda je ale v praxi nejvhodnější? V této práci byly metody porovnávány na základě subjektivních pocitů pacienta po předložení prizmatické korekce. Subjektivní pocit pacienta je často podceňován navzdory tomu, že je to jeden z hlavních faktorů, který nám radí, zda prizmatickou korekci předepsat či nikoli.

Z tohoto porovnávání zkoumaných metod vyšla jednoznačně lépe novější a ve světě uznávanější Mallettova metoda. Tato metoda byla primárně vyvinuta pro vyšetření do blízka, ale je často používána i pro vyšetření do dálky. I když jsem postupoval jiným způsobem než předchozí výzkumy [14,17,51,53,54], došel jsem ke stejnému výsledku, že metody založené na fixační disparitě a asociované heteroforii jsou vhodnější pro předpis prizmatické korekce než metody založené na vyšetření disociované heteroforie. Evans [1] to připisuje přítomnosti vysoce arteficiálních podmínek během vyšetření disociované heteroforie.

11.2. Vztah mezi symptomy a výsledky metod

Předchozí studie [17,50,51,53] porovnávaly určité metody na základě pacientových symptomů. Ve studii [53] narazili autoři na problém, že přesně neznáme symptomy dekompenzované heteroforie, a tudíž je porovnávání metod na základě symptomů zavádějící. Z tohoto důvodu jsem se v části bakalářské práce zaměřili na popis symptomů, a hlavně na popis vztahu mezi symptomy a výsledky zkoumaných metod.

Tento vztah byl popsán pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Vyšší korelační koeficient indikuje vyšší lineární závislost symptomů na výsledku dané metody. Korelační koeficienty byly podobné pro obě metody, ale překvapivě byly vyšší pro Maddoxovu metodu u pěti z devíti zkoumaných symptomů. Po úpravě vzorku vyškrtnutím pacientů se supresí, u kterých je vnímání symptomů dekompenzované heteroforie změněno, jsou ale korelační koeficienty značně vyšší pro Mallettovu metodu. Tyto výsledky potvrzují vhodnost Mallettovy metody pro praxi.

12. Závěr

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabýval především vyšetřením binokulárního vidění. Nejprve jsem stručně popsal fyziologii a vývoj zrakového aparátu, neboť tyto znalosti jsou potřebné k diagnostice anomálií binokulárního vidění. V praktické části jsem se věnoval především popisu vyšetřovacích metod a jejich srovnáním na základě provedených výzkumů.

Metody byly porovnávány na základě subjektivních pocitů pacienta po předložení prizmatické korekce. Lepších výsledků dosáhl Mallettův test oproti Maddoxově metodě. Tyto výsledky jsou v souladu s předchozími výzkumy, které jasně konstatují, že pro vyšetření binokulárního vidění jsou vhodnější metody založené na fixační disparitě a asociované forii. V České republice je Maddoxova metoda stále používána, i když je odbornou veřejností považována za zastaralou. Výsledky obou metod ale nejsou klinicky příliš odlišné, a proto je možné Maddoxovu metodu použít v případě, že není dostupné vyšetřovací vybavení potřebné pro vyšetření asociované heteroforie.

Dále byly kalkulovány Pearsonovy korelační koeficienty mezi symptomy kvantifikovanými na základě dotazníku a výsledky zkoumaných metod. Lepších výsledků bylo opět dosaženo s Mallettovou metodou. Studium symptomů dekompenzované heteroforie je velice komplikované, a to hlavně díky nespecificitě těchto symptomů. Žádný symptom není specifický pouze pro dekompenzovanou heteroforii, a proto je potřeba přizpůsobit anamnézu či dotazník každému pacientovi. Bohužel neexistuje metoda, která by dokázala úspěšně diagnostikovat dekompenzovanou heteroforii. Evans [59] přirovnává vyšetření binokulárního vidění k vyšetření glaukomu. Glaukom je multifaktoriální onemocnění a doktor musí vyšetřit každý jednotlivý faktor pečlivě vybranými testy. Podobný postup je doporučován i pro vyšetření binokulárního vidění. Optometrista sumarizuje výsledky těchto testů i s pacientovými problémy a potřebami. Na základě těchto informací se musí rozhodnout, zda pacient vyžaduje léčbu a případně jakou. Tento postup vyžaduje rozsáhlé vědomosti o binokulárním vidění a o vyšetřovacích postupech.

Mezi nedostatky této studie bych zařadil fakt, že porovnává pouze izolované metody, přičemž vyšetření binokulárního vidění je vždy komplexní. Zaměřil jsem se především na symptomy a korekci do dálky, ale během vyšetření je nutné analyzovat zrakový aparát i při pohledu do blízka a udělat si celkový obraz o stavu pacienta.

Seznam použité literatury:

- [1] EVANS, B. J. W. a D. PICKWELL. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, c2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [2] STIDWILL D. a R. FLETCHER. *Normal binocular vision: theory, investigation and practical aspects*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9781405192507.
- [3] BENJAMIN, W. J. a I. M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [4] VON NOORDEN, G. K. a E. C. CAMPOS. *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*. 6th ed. St. Louis, Mo.: Mosby, c2002. ISBN 0-323-01129-2.
- [5] SCHOR, C. M. The relationship between fusional vergence eye movements and fixation disparity. *Vision Research* [online]. 1979, **19**(12), 1359-1367 [cit. 2017-12-17]. DOI: 10.1016/0042-6989(79)90208-6. ISSN 00426989.
- [6] NORTH, R. V. a D. B. HENSON. The Effect of Orthoptic Treatment Upon the Vergence Adaptation Mechanism. *Optometry and Vision Science*[online]. 1992, **69**(4), 294-299 [cit. 2017-12-23]. DOI: 10.1097/00006324-199204000-00007. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-199204000-00007>
- [7] EPERJESI, F. a M. RUNDSTROM. *Binocular vision: a practical guide*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 0750650109.
- [8] MITCHELL, S. a B. Wick. *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. 4th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2014. ISBN 9781451175257.
- [9] HERON, G., N. CHARMAN a C. M. SCHOR. Age Changes in the Interactions between the Accommodation and Vergence Systems. *Optometry and vision science*. 2001, **78**(10), 8. ISSN 1040-5488/01/7810-0754/0.
- [10] RAINEY, B. B., D. A. GOSS, M. KIDWELL a B. FENG. Reliability of the response AC/A ratio determined using nearpoint autorefractometry and simultaneous heterophoria measurement. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 1998, **81**(5), 185-192 [cit. 2017-12-29]. DOI: 10.1111/j.1444-0938.1998.tb06733.x. ISSN 08164622. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.1998.tb06733.x>

- [11] HUBEL, D. H. a T. N. WIESEL. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *The Journal of Physiology* [online]. 1962, **160**(1), 106-154 [cit. 2017-11-03]. DOI: 10.1113/jphysiol.1962.sp006837. ISSN 00223751. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.1962.sp006837>
- [12] GORDON, G. E. a D. L. MCCULLOCH. *Documenta Ophthalmologica* [online]. 99(1), 1-10 [cit. 2017-11-03]. DOI: 10.1023/A:1002171011644. ISSN 00124486. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1002171011644>
- [13] BHOLA R. Binocular Vision. *Ophthalmology and visual sciences* [online]. Iowa city, 2006 [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/tutorials/bhola-binocularvision.htm>
- [14] YEKTA, A.A., L.D. PICKWELL a T.C.A. JENKINS. Binocular vision, age and symptoms. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1989, **9**(2), 115-120 [cit. 2017-12-16]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.1989.tb00829.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.1989.tb00829.x>
- [15] KARANIA, R. a B. J. W. EVANS. The Mallett Fixation Disparity Test: influence of test instructions and relationship with symptoms. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2006, **26**(5), 507-522 [cit. 2017-12-15]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2006.00385.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.2006.00385.x>
- [16] ROUSE, M., E. BORSTING a G. L. MITCHELL, et al. Validity of the Convergence Insufficiency Symptom Survey: A Confirmatory Study. *Optometry and Vision Science* [online]. 2009, **86**(4), 357-363 [cit. 2017-12-15]. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3181989252. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-200904000-00011>
- [17] JENKINS, T. C. A., L. D. PICKWELL a A. A. YEKTA. Criteria for decompensation in binocular vision. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1989, **9**(2), 121-125 [cit. 2017-11-28]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.1989.tb00830.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.1989.tb00830.x>
- [18] RAUTASET, R.L. a J.A.M. JENNINGS. Associated phoria and the Measuring and Correcting Methodology after H.-J. Haase (MKH). *Strabismus* [online]. 2009, **9**(3), 165-176 [cit. 2017-12-15]. DOI: 10.1076/stra.9.3.165.6764. ISSN 0927-3972. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1076/stra.9.3.165.6764>

- [19] LIE, I. a A. OPHEIM. Long-term acceptance of prisms by heterophorics. *Journal of the American Optometric Association*. 1985, **56**(4), 7.
- [20] DOSHI, S. a B. J. W. EVANS. *Binocular vision and orthoptics: investigation and management*. Boston: Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN 0750647132.
- [21] O'LEARY, C. I. a B. J. W. EVANS. Criteria for prescribing optometric interventions: literature review and practitioner survey. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2003, **23**(5), 429-439 [cit. 2017-11-28]. DOI: 10.1046/j.1475-1313.2003.00137.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1475-1313.2003.00137.x>
- [22] ZIAKAS, N. G., G. WOODRUFF, L. K. SMITH a J. R. THOMPSON. A study of heredity as a risk factor in strabismus. *Eye* [online]. 2002, **16**(5), 519-521 [cit. 2017-11-23]. DOI: 10.1038/sj.eye.6700138. ISSN 0950-222x. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/6700138>
- [23] SUCHER, D. F. Variability of monocular visual acuity during binocular viewing. *Optometry and vision science*. 1991, **12**(68), 6. ISSN 1040-5488/91.
- [24] EVANS, B. J. W. *Eye essentials: Binocular Vision*. Edinburgh: Elsevier, Butterworth-Heinemann, 2005. ISBN 0750688505.
- [25] PERCIVAL, A. S. *The prescribing of spectacles*. Bristol: J. Wright, 1910.
- [26] ANSONS, A. M. a H. DAVIS. *Diagnosis and management of ocular motility disorders*. 4th ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014. ISBN 978-1-4051-9306-1.
- [27] RAINEY, B. B., T. L. SCHROEDER, D. A. GOSS a T. P. GROSVENOR. Reliability of and comparisons among three variations of the alternating cover test. *Ophthalmic and Physiological Optics*[online]. 1998, **18**(5), 430-437 [cit. 2017-12-01]. DOI: 10.1046/j.1475-1313.1998.00375.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1475-1313.1998.00375.x>
- [28] LUDVIGH, E. Amount of Eye Movement Objectively Perceptible to the Unaided Eye. *American Journal of Ophthalmology* [online]. 1949, **32**(5), 649-650 [cit. 2017-12-06]. DOI: 10.1016/0002-9394(49)91415-4. ISSN 00029394. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002939449914154>

- [29] ROMANO, P. E. a G. K. VON NOORDEN. Limitations of Cover Test in Detecting Strabismus. *American Journal of Ophthalmology* [online]. 1971, **72**(1), 10-12 [cit. 2017-12-06]. DOI: 10.1016/0002-9394(71)91585-6. ISSN 00029394. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002939471915856>
- [30] MADDOX, Ernest E. *The clinical use of prism and the decentering of lenses*. 2nd. ed. London: John Wright and co., 1893.
- [31] YAMADA, T., M. SCHEIMAN a G. L. MITCHELL. A comparison of stereopsis testing between red/green targets and polarized targets in children with normal binocular vision. *Optometry - Journal of the American Optometric Association* [online]. 2008, **79**(3), 138-142 [cit. 2018-01-01]. DOI: 10.1016/j.optm.2007.05.013. ISSN 15291839. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1529183907006>
- [32] HAASE, H. J. *Guidelines for the Application of MCH* [online]. 4th ed. Berlin: International Association for Binocular Vision, 2012 [cit. 2017-12-01]. ISBN Guidelines for the Application of MCH. Dostupné z: http://www.ivbs.org/fileadmin/user_upload/Dateien/Guidelines_2012.pdf
- [33] SCHROEDER, T. L., B. B. RAINEY, D. A. GOSS a T. P. GROSVENOR. Reliability of and Comparisons Among Methods of Measuring Dissociated Phoria. *Optometry and Vision Science* [online]. 1996, **73**(6), 389-397 [cit. 2017-12-01]. DOI: 10.1097/00006324-199606000-00006. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-199606000-00006>
- [34] MARTIN B. J. a D. G. ALTMAN. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *The Lancet* [online]. 1986, **327**(8476), 307-310 [cit. 2017-12-04]. DOI: 10.1016/S0140-6736(86)90837-8. ISSN 01406736. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673686908378>
- [35] SCOBEE, R. G. a E. L. GREEN. Tests for Heterophoria. *American Journal of Ophthalmology* [online]. 1947, **30**(4), 436-451 [cit. 2017-12-01]. DOI: 10.1016/0002-9394(47)91184-7. ISSN 00029394. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002939447911847>
- [36] HIRSCH, M. J. a L. B. BING. The effect of testing method on values obtained for phoria. *American Journal of optometry and archives of american academy of optometry*. The Ohio State University, 1948, **25**(9), 10.

- [37] MORRIS, F. M. The influence of kinesthesia upon near heterophoria measurements. *American journal of optometry*. Texas: School of aviation Medicine, 1960, **37**(7), 25.
- [38] MORGAN, M. W. The reliability of clinical measurements with special reference to distance heterophoria. *American journal of optometry*. Berkeley, California: University of California, 1995, **32**(4), 13.
- [39] SANKER, N., A. PRABHU a A. RAY. A comparison of near-dissociated heterophoria tests in free space. *Clinical and Experimental Optometry* [online]. 2012, **95**(6), 638-642 [cit. 2017-12-01]. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2012.00785.x. ISSN 08164622. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2012.00785.x>
- [40] DAUM, K. M. Analysis of seven methods of measuring the angle of deviation. *American journal of optometry and physiological optics*. Ohio, 1983, (60), 6. ISSN 0093-7002/83.
- [41] LIE, I. a A. OPHEIM. Long-term stability of prism correction of heterophorics and heterotropics; a 5 year follow-up. Part I: Heterophorics. *Journal of the American Optometric Association*. 1990, **61**(6), 9.
- [42] SCHROTH, V., R. JOOS, W. JASCHINSKI a Z. KAPOULA. Effects of Prism Eyeglasses on Objective and Subjective Fixation Disparity [online]. 2015, **10**(10), e0138871- [cit. 2017-12-23]. DOI: 10.1371/journal.pone.0138871. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0138871>
- [43] NORTH, R. a D. B. HENSON. Adaptation to prism-induced heterophoria in subjects with abnormal binocular vision or asthenopia. *Journal of the American Optometric Association*. 1981, **58**(9), 7.
- [44] GERLING, J., M. BALL, T. BÖMER, M. BACH a G. KOMMERELL. Fixationsdisparation am Pola-Zeigertest: nicht repräsentativ für die Augenstellung unter natürlichen Sehbedingungen. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*[online]. 1998, **212**(04), 226-233 [cit. 2017-12-23]. DOI: 10.1055/s-2008-1034869. ISSN 0023-2165. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1034869>

- [45] ALHASSAN, M., J. K. HOVIS a R. 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: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-201508000-00010>
- [46] ALHASSAN, M. Comparison of MKH-Haase associated phoria charts with other common clinical tests. *Optometry & Visual Performance*. 2016, **4**(5), 11. DOI: 10.13140/2.1.4221.8884.
- [47] GRAY, L. S. The prescribing of prisms in clinical practice. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* [online]. 2008, **246**(5), 627-629 [cit. 2017-12-23]. DOI: 10.1007/s00417-008-0799-2. ISSN 0721-832x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00417-008-0799-2>
- [48] SHEARD, Ch. Zones of ocular comfort. *American journal of optometry*. 1928, **7**(1), 17.
- [49] WORRELL, B. E. a J. MONROE. An evaluation of prism prescribed by sheard criterion. *American journal of optometry*. California, 1971, **48**(5), 4.
- [50] SHEEDY, J. E. a J. J. SALADIN. Phoria, Vergence, and Fixation Disparity in Oculomotor Problems Printed in U.S.A. *Optometry and Vision Science* [online]. 1977, **54**(7), 474-478 [cit. 2017-12-15]. DOI: 10.1097/00006324-197707000-00008. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-197707000-00008>
- [51] SHEEDY, J. E. a J. J. SALADIN. Association of Symptoms with Measures of Oculomotor Deficiencies. *Optometry and Vision Science*[online]. 1978, **55**(10), 670-676 [cit. 2017-12-15]. DOI: 10.1097/00006324-197810000-00002. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-197810000-00002>
- [52] MALLET, R. F. J. The management of binocular vision anomalies. *Edwards K, Llewellyn R (eds) Optometry*. London, 1988, 14.
- [53] PICKWELL, L. D., N. A. KAYET a T. C. A. JENKINS. Distance and near readings of associated heterophoria taken on 500 patients. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1991, **11**(4), 291-296 [cit. 2017-12-30]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.1991.tb00227.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.1991.tb00227.x>

- [54] ARNER, R. S., S. I. BERGER, G. BRAVERMAN a M. KAPLAN. Clinical significance of the effect of vergence on fixation disparity. *American journal of optometry*. New York, 1956, **33**(8), 10.
- [55] CONWAY, M. L., J. THOMAS, A. SUBRAMANIAN a B. V. BUI. Is the Aligning Prism Measured with the Mallett Unit Correlated with Fusional Vergence Reserves? [online]. 2012, **7**(8), e42832- [cit. 2017-12-29]. DOI: 10.1371/journal.pone.0042832. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0042832>
- [56] JENKINS, T. C. A., F. ABDMANAN, S. PARDHAN a R. N. MURGATROYD. Effect of fixation disparity on distance binocular visual acuity. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1994, **14**(2), 129-131 [cit. 2017-12-29]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.1994.tb00100.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.1994.tb00100.x>
- [57] PAYNE, C.R., J.D. GRISHAM a K.L. THOMAS. Clinical examination of fixation disparity. *American Journal of Ophthalmic and Physiological Optics*. 1974, **51**, 3.
- [58] ROSENFELD, M., T. W. CHUN a S. E. FISCHER. Effect of prolonged dissociation on the subjective measurement of near heterophoria. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1997, **17**(6), 478-482 [cit. 2017-12-31]. DOI: 10.1046/j.1475-1313.1997.97000410.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1475-1313.1997.97000410.x>
- [59] EVANS, B. J. Optometric Prescribing for Decompensated Heterophoria. *Optometry in Practice*. 2008, **9**, 15.
- [60] OTTO, J. M. N., M. KROMEIER, M. BACH a G. KOMMERELL. Do dissociated or associated phoria predict the comfortable prism? *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* [online]. 2008, **246**(5), 631-639 [cit. 2017-12-06]. DOI: 10.1007/s00417-008-0798-3. ISSN 0721-832x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00417-008-0798-3>
- [61] OTTO, J. M. N., M. BACH a G. KOMMERELL. The prism that aligns fixation disparity does not predict the self-selected prism. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2008, **28**(6), 550-557 [cit. 2018-01-05]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2008.00599.x. ISSN 02755408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.2008.00599.x>

- [62] NORTH, R. V. a D. B. HENSON. The Effect of Orthoptic Treatment Upon the Vergence Adaptation Mechanism. *Optometry and Vision Science*[online]. 1992, **69**(4), 294-299 [cit. 2017-12-31]. DOI: 10.1097/00006324-199204000-00007. ISSN 1040-5488. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-199204000-00007>
- [63] EVANS, Bruce J. An open trial of the Institute Free-space Stereogram (IFS) exercises. *British Journal of Optometry and Dispensing*. 2000, **8**, 10.
- [64] BRAUTASET, R.L., J.A.M. JENNINGS. The influence of heterophoria measurements on subsequent associated phoria measurement in a refractive routine. *Ophthalmic and Phys. Optics*. 1999, **19**(4), 347-50.
- [65] NICHOLLS, J. V. V. The Relationship of Heterophoria to Depth Perception in Aviation, with Particular Reference to the Work of the Royal Canadian Air Force. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1949, 47, 24.

Seznam použitých symbolů a zkratek:

Seznam symbolů	
Δ	prismatická dioptrie (cm/m)

Seznam zkratek	
ms	milisekunda
VPMD	Věkem podmíněná makulární degenerace
MKH	Measuring and Correcting Methodology after H.-J. Haase
p	P hodnota
r	Pearsonův korelační koeficient
dpt	dioptrie

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schématický model ilustrující interakci motorického a senzorického systému	3
Obrázek 2: Optotyp Polaskop 3D vlevo a optotyp Zeiss visuscreen 100.....	41
Obrázek 3: Graf rozložení věku ve vzorku.....	43
Obrázek 4: Graf rozložení heteroforie ve vzorku.....	43
Obrázek 5: Graf rozložení refrakčního deficitu a heteroforie.	44
Obrázek 6: Bodový graf vztahu mezi disociovanou a asociovanou heteroforií.....	45
Obrázek 7: Hodnocení prizmatické korekce pro různé typy heteroforie.....	46
Obrázek 8: Hodnocení prizmatické korekce pro různou velikost heteroforie.....	47
Obrázek 9: Korelační koeficienty symptom – heteroforie.	48
Obrázek 10: korelační koeficienty symptom – heteroforie po odebrání pacientů se supresí...50	
Obrázek 11: korelační koeficienty symptom – heteroforie po odebrání pacientů se supresí a presbyopii.	51
Obrázek 12: Srovnání korelačních koeficientů po úpravě vzorku pro Malletovu metodu.....	52
Obrázek 13: Srovnání korelačních koeficientů po úpravě vzorku pro Maddoxovu metodu....	52

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky zkoumaných metod.	45
--	----

Příloha A: Dotazník

0 – nikdy

1 – velmi zřídka

2 – občas

3 - docela často

4 - často

	0	1	2	3	4
Máte někdy dvojité vidění? Například při únavě?					
Máte pocit deformovaného obrazu? Stává se vám při čtení, že vám se vám slova pohybují, slévají dohromady?					
Rozostří se vám někdy obraz?					
Máte někdy pocit, že je vám příjemnější jedno oko zavřít/zakrýt a koukat pouze jedním?					
Připadá vám, že máte zhoršené prostorové vidění, špatné odhady vzdáleností?					
Stává se vám, že je pro vás obtížné přeostrit z blízka na dálku nebo naopak?					
Trpíte při únavě/po práci bolestmi hlavy?					
Bolí vás oči? Cítíte po dlouhé práci/čtení/sledování televize tupou bolest za očima?					
Jste při práci/čtení rychle unavení?					

Příloha B: Naměřená data – heteroforie

Počet	Věk	Pohlaví	Suprese	Forie	Maddox (Δ)	M. pravidla (Δ)	Mallett (Δ)	Maddox hodnocení	Mallett hodnocení	Průměr symptomy
1	21	Ž	NE	ORTO	0	0	0	5	5	1,7
2	21	M	NE	ORTO	0	0	0	5	5	0,0
3	21	Ž	NE	ORTO	0	0	0	5	5	0,7
4	22	Ž	NE	ORTO	0	0	0	5	5	0,8
5	22	M	NE	ORTO	0	0	0	5	5	0,1
6	23	Ž	NE	ORTO	0	0	0	5	5	0,8
7	21	Ž	NE	ORTO	0	0	0	5	5	1,2
8	21	Ž	NE	ORTO	0	0	0	5	5	0,3
9	21	Ž	NE	EXO	1	1	0	5	5	0,2
10	21	M	NE	EXO	2	1	0	4	5	0,2
11	20	Ž	NE	EXO	2	1	0	5	5	0,4
12	23	Ž	NE	EXO	3	2	1	4	5	1,8
13	20	Ž	NE	EXO	6	3	1	4	5	0,9
14	47	Ž	ČÁSTEČNĚ	EXO	6	3	1	3	5	1,4
15	44	Ž	ČÁSTEČNĚ	EXO	6	3	1	9	7	1,7
16	21	Ž	NE	EXO	13	9	10	9	10	2,8
17	21	Ž	NE	EXO	4	2	1	6	5	1,7
18	50	Ž	NE	EXO	4	2	1	6	7	1,4
19	27	Ž	NE	EXO	1	1	2	5	4	1,6
20	24	Ž	NE	EXO	4	3	3	8	8	2,0
21	36	M	NE	EXO	5	3	0	4	5	2,2
22	32	M	NE	EXO	2	1	2	6	8	1,8
23	23	Ž	NE	ESO	5	3	3	5	5	0,3
24	21	Ž	NE	ESO	2	1	0	2	5	1,0
25	21	M	NE	ESO	2	1	0	4	5	0,1
26	21	Ž	NE	ESO	1	1	0	3	5	0,7
27	21	Ž	NE	ESO	1	1	0	2	5	0,9
28	21	Ž	NE	ESO	2	1	1	5	5	0,6
29	24	Ž	NE	ESO	2	1	1	6	6	1,1
30	24	Ž	NE	ESO	1	1	1	6	6	1,8
31	16	Ž	NE	ESO	1	1	1	7	5	0,4
32	21	Ž	NE	ESO	14	9	5	3	8	1,1
33	51	Ž	NE	ESO	6	4	4	7	7	1,3
34	21	M	NE	ESO	0	0	1	5	6	1,0
35	21	Ž	NE	ESO	0	0	1	5	8	0,7
36	44	M	NE	ESO	5	3	3	8	8	1,4
37	56	M	ČÁSTEČNĚ	ESO	3	2	1	4	5	1,0
38	25	Ž	NE	ESO	4	3	3	8	8	2,8
39	26	M	NE	ESO	2	1	1	7	7	1,0
40	42	Ž	NE	ESO	2	1	0	5	5	0,9
41	26	Ž	NE	ESO	3	2	1	7	7	2,2
42	58	Ž	ANO	ESO	18	12	16	7	7	1,6
43	26	Ž	NE	ESO	3	2	3	6	6	1,6
44	47	M	NE	ESO	6	4	2	6	7	0,4
45	45	Ž	NE	ESO	1	1	2	6	7	1,6
46	26	Ž	NE	ESO	8	5	4	8	8	2,2
47	13	Ž	NE	ESO	2	1	3	7	8	2,2
48	25	Ž	NE	ESO	6	4	3	7	7	2,3
49	26	Ž	NE	VERT	1	1	0,5	7	8	1,9
50	55	M	ANO	VERT	3	3	2	8	7	1,3