

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

VLIV HETEROFORIE NA STEREOPSI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYPRACOVALA:

Petra Ondříšková

obor B 5345 OPTOMETRIE

studijní rok 2015/2016

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci 18. 12. 2015

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji za vedení práce a cenné rady panu RNDr. Mgr. Františkovi Pluháčkovi, Ph.D. Tato práce byla vypracována za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem Optometrie a její aplikace č. IGA_PrF_2015_016.

OBSAH

1. ÚVOD	6
2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ	7
2.1 JEDNODUCHÉ BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ:	7
2.1.1. <i>Složky jednoduchého binokulárního vidění</i>	<i>7</i>
2.1.2. <i>Stupně jednoduchého binokulárního vidění.....</i>	<i>7</i>
2.1.3. <i>Vývoj jednoduchého binokulárního vidění</i>	<i>8</i>
2.2 SENZORICKÉ ASPEKTY	8
2.2.1 <i>Vnímání směru.....</i>	<i>8</i>
2.2.2 <i>Senzorická fúze</i>	<i>9</i>
2.2.3 <i>Fyziologická diplopie</i>	<i>10</i>
2.2.4 <i>Binokulární sumace</i>	<i>10</i>
2.3 MOTORICKÉ ASPEKTY BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ	10
2.3.1 <i>Monokulární pohyby očí.....</i>	<i>11</i>
2.3.2 <i>Binokulární pohyby očí.....</i>	<i>12</i>
2.3.3 <i>Vztah akomodace a konvergence.....</i>	<i>14</i>
3. VNÍMÁNÍ PROSTORU, STEREOPSE.....	15
3.1. MONOKULÁRNÍ A BINOKULÁRNÍ VNÍMÁNÍ PROSTORU	15
3.1.1. <i>Monokulární.....</i>	<i>15</i>
3.1.2. <i>Binokulární</i>	<i>15</i>
3.2. STEREOPSE	16
3.2.1. <i>Stereoskopický práh.....</i>	<i>17</i>
4. ÚVOD DO PROBLEMATIKY HETEROFORIÍ	18
4.1. KLASIFIKACE	18
4.1.1. <i>Klasifikace podle směru odchyšky.....</i>	<i>18</i>
4.1.2. <i>Klasifikace podle etiologie.....</i>	<i>19</i>
4.1.3. <i>Klasifikace podle kompenzace</i>	<i>19</i>
4.1.4. <i>Klasifikace podle Wicka.....</i>	<i>20</i>
4.2. HODNOCENÍ KOMPENZACE	21
4.2.1. <i>Fúzní rezervy.....</i>	<i>21</i>
4.2.2. <i>Fixační disparita a asociační forie.....</i>	<i>23</i>
5. VZTAH STEREOPSE A KVALITY BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ.....	26
5.1. NORMÁLNÍ HODNOTY	26
5.2. MOŽNOSTI VYUŽITÍ STEREOPSE PŘI HODNOCENÍ A KOREKCI HETEROFORIÍ	26
5.2.1. <i>Fixační disparita v kontextu MKH.....</i>	<i>27</i>
5.2.2. <i>Vliv prizmatické korekce dle MKH na stereoskopickou ostrost</i>	<i>28</i>
5.2.3. <i>Přidružené heteroforie a předozadní asymetrie prevalence oka</i>	<i>29</i>
5.2.4. <i>Změny stereoskopického vnímání hloubky způsobené decentrací brýlových čoček</i>	<i>30</i>

6. MKH	31
6.1. TEORIE	31
6.2. POŽADAVKY A VYBAVENÍ PRO MKH	31
6.2.1. Zkušební místnost.....	31
6.2.2. Zkušební obruba	32
6.2.3. Zkušební čočky.....	32
6.2.4. Testy.....	32
6.3. POSTUP PŘI KOREKCI	33
6.3.1. Anamnéza.....	33
6.3.2. Postup	33
6.4. OBECNÁ PRAVIDLA	33
6.5. TESTY	34
6.5.1. Společná pravidla pro testy K, Z, DZ a H	34
6.6. VYHODNOCENÍ.....	39
7. ZÁVĚR	40

1. ÚVOD

Stereopse, tedy pravé prostorové vidění, bývá udávána jako třetí, nejvyšší, stupeň binokulárního vidění. Usnadňuje nám mimo jiné odhad vzájemných vzdáleností předmětů a tím lepší orientaci v prostoru, dále koordinaci ruka-oko apod. Je také ukazatelem kvality binokulárního vidění a v případě jeho poruch může být oslabená anebo zcela chybět. Právě zájem o možnosti posouzení stavu binokulárního vidění, zejména ve spojení s heteroforiemi, mne přivedl k této práci. Zajímalo mě, jaký je vztah mezi stereopsí a kvalitou binokulárního vidění. Chtěla jsem zjistit, zda a jaký má kompenzace heteroforie vliv na kvalitu stereopse, popř. jaké jsou možnosti využití stereopse při hodnocení kompenzace. Některé vyšetřovací a korekční postupy také uvádí, že je možné pomocí prizmatické korekce významným způsobem stereopsi zlepšit, a to i v případě, že se nejedná o klasickou demonstraci dekompenzace heteroforie.

Cílem práce je provést rešerši dostupné literatury zabývající se problematikou vztahu heteroforie a kvality binokulárního vidění a na základě studia publikovaných výzkumů zhodnotit možnosti jednak využití určitých aspektů stereopse pro úpravu prizmatické korekce, jednak posílení stereopse aplikací prizmat. Rešerše bude provedena se zaměřením na klasický přístup vycházející z hodnocení kompenzace heteroforie pomocí fúzních rezerv, popř. pomocí Mallettova testu, a na postupy udávané metodikou prizmatické korekce dle H. J. Haaseho (tzv. MKH). Mimo stěžejní cílovou problematiku bude nejprve zmíněn úvod do binokulárního vidění a jeho jednotlivých aspektů včetně vnímání prostoru a stereopsi. Dále bude popsána problematika heteroforií, jejich klasifikace a obvyklé možnosti hodnocení kompenzace.

2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Pro správné pochopení stěžejní problematiky souvislosti heteroforií a stereopse je nutné se zorientovat v základních pojmech v oblasti binokulárního vnímání. Následující text poskytuje přehled těchto podstatných pojmů.

2.1 Jednoduché binokulární vidění:

Pokud jsou při vidění používány obě oči současně, znamená to, že je přítomno binokulární vidění. Když je binokulární vidění dokonalé, splývají obrazy z obou očí a vzniká jeden zrakový vjem. JBV (jednoduché binokulární vidění) má výhody pro člověka v tom, že má větší zorné pole, lepší prostorové vnímání a je u JBV přítomna binokulární sumace (při pohledu oběma očima je přítomno zlepšení některých vlastností vidění). Dále má člověk s JBV lepší koordinaci očních pohybů a lépe se mu čte. Naopak nevýhodou u JBV jsou problémy při špatné funkci binokulárního vidění. Ke správné funkci je zapotřebí mít neporušené všechny tři funkční složky jednoduchého binokulárního vidění. [1–3]

2.1.1. Složky jednoduchého binokulárního vidění

Do těchto složek JBV řadíme optické, motorické a senzorické funkce. Optická složka zajišťuje, že paprsky do oka dopadají přes lomivá prostředí na sítnici tak, aby byl obraz pozorovaného předmětu ostrý. Motorická složka zajišťuje nastavení bulbů do takového postavení, aby obraz dopadal do optického centra, neboli do fovey každého oka. Podráždění ze sítnice každého oka je odváděno do korových center, toto zajišťuje senzorická složka. [1, 3]

2.1.2. Stupně jednoduchého binokulárního vidění

Stupně JBV jsou 3 a to simultánní vidění, fúze a stereopse. Díky simultánnímu vidění je možnost vidět současně dva makulární obrazy a jejich složení (superpozici). U simultánního vidění vidíme současně oběma očima i při překrytí dvou různých obrazů z obou očí. To znamená, že současně vidíme dva obrazy a jejich složení, neboli superpozici. Fúze spojuje v jeden smyslový binokulární vjem dva sítnicové obrazy, které jsou téměř stejné. Členíme ji na senzorickou a motorickou. Příslušné senzorické a motorické aspekty binokulárního vidění jsou popsány v podkapitolách 2.2 a 2.3. Stereopse je nejvyšší stupeň vidění a zajišťuje binokulární vnímání hloubky. [3]

2.1.3. Vývoj jednoduchého binokulárního vidění

JBV není u člověka vrozené, ale od narození se vyvíjí. Binokulární vidění se dá rozdělit na dvě etapy a to na vývoj do jednoho roku a vývoj od jednoho do šesti let. V první etapě probíhá složitý vyzářovací proces.

V prvním týdnu po narození je novorozenec schopen rozlišit světlo od tmy, oční pohyby jsou koordinované pouze občas. V prvním měsíci se rozvíjí sledovací pohyby, je přítomna alternující fixace a může nastat fyziologické šilhání oka. Během druhého měsíce dochází k binokulárnímu reflexu (krátkodobá binokulární fixace blízkých předmětů). Ve třetím měsíci vzniká reflex konvergence a divergence. Na to pak navazuje budování fúze a vývoj reflexu akomodace v průběhu čtvrtého měsíce. Do šestého měsíce jsou vytvořeny podmínky pro binokulární a také hloubkové vnímání. Nastává plynulý přechod od monokulárního vidění k binokulárnímu, takže vzniká reflex fúze. V devátém měsíci jsou binokulární spolupráce a fúze upevňovány. Na konci prvního roku se rozvíjí vidění prostorové, smysl pro vzdálenost, velikost a polohu předmětu, což může souviset s tím, že dítě začíná chodit. Dochází také ke zdokonalování vztahu konvergence a akomodace.

Od konce prvního roku dochází ke zdokonalování a stabilizaci binokulárních reflexů a to až do šesti let dítěte. Dochází k tomu díky časté tvorbě a rozvoji podmíněných reflexů. Dítě si tvoří během růstu komplikovanější reflexy na základě jednodušších reflexů. Časem se reflexy upevňují a fixují. Třetím rokem jsou reflexy ještě labilní, od pátého jsou pevnější a v sedmém až osmém roce jsou již tak pevné, že se dají odbourat jen velmi těžce. [1, 3]

2.2 Senzorické aspekty

Do senzorických aspektů se řadí vnímání směru, senzorická fúze, fyziologická diplopie a binokulární sumace.

2.2.1 Vnímání směru

Je rozlišováno monokulární a binokulární vnímání směru. Monokulární vnímání směru posuzujeme vzhledem k primární zrakové ose, která představuje spojnicí mezi fixovaným bodem v prostoru a foveou, vedoucí přes uzlový bod. Na sítnici ji tedy vztahujeme k fovee. Relativní směr vzhledem k fovee daného oka (tedy body na primární zrakové ose) je nazýván okulocentrická lokalizace. Každému bodu sítnice je

přiřazena směrová hodnota, která odpovídá relativnímu směru v okulocentrické lokalizaci. Za normálních okolností je směrová hodnota přímo vpřed. [3]

Při binokulárním vnímání směru mozek zkombinuje data z obou očí a spojí je do jednotného vjemu, jako by byl viděn jediným (kyklopským) okem. Kyklopské oko je neskutečné oko umístěné v egocentru. Egocentrum je referenční bod při vnímání oběma očima, který bývá přibližně uprostřed mezi nimi. Poloha vztažená k egocentru a kyklopskému oku se nazývá egocentrická lokalizace. [3]

2.2.2 Senzorická fúze

Termín senzorická fúze se týká procesu, kterým jsou dva stejné anebo téměř stejné sítnicové obrazy, vytvořené na sítnici obou očí, spojené do jednoho binokulárního vjemu. Motorická fúze je nutná pro fúzi senzorickou. [3, 4]

Sítnicová korespondence

Pro vytvoření jednoduchého obrazu musí spolu sítnice obou očí spolupracovat. Spolupráci lze popsat pomocí korespondenčních bodů. Korespondující body sítnice jsou dvojice bodů sítnic obou očí, kterým přísluší stejná směrová hodnota. Pokud by došlo k ideálnímu případu, korespondující body sítnic by se přesně překrývaly při jejich vzájemném přeložení. Naopak dvojice bodů s různou směrovou hodnotou se nazývá disparátní body sítnice. Sítnicová (retinální) korespondence je spolupůsobení sítnicových bodů se stejnou směrovou hodnotou a to jak spolupůsobení smyslové, tak i fyziologické. Normální retinální korespondence (NRK) je zajištěna normální spoluprací sítnic, obě korespondenční centra se musí shodovat s oběma centry foveolárními. Pokud je toto dodrženo, existuje správná senzorická vazba mezi sítnicemi očí. Když foveoly obou očí mají nestejně směrové hodnoty, hovoříme o anomální retinální korespondenci (ARK). ARK vzniká jako důsledek heterotropie (HTT). [3, 5]

Horopter

Množina bodů v prostoru, které se zobrazí na korespondující body sítnic při fixaci daného oka, jsou nazývány horopter. V horopteru jsou body viděny jednoduše a dokonale fúzovány. V okolí prostoru horopteru, kde ještě dochází k jednoduchému vidění, se nachází Panumův areál. Panumův areál je tedy okolí sítnicového bodu, ve kterém se vytváří jednoduchý binokulární vjem, protože mozek je v tomto areálu ještě schopen tolerovat disparátní zobrazení. Má tvar horizontálně protáhlé elipsy zvětšující se v periférii, protože je v periférii větší tolerance k disparitě. Má význam pro

rozměrnější objekty, u kterých nedochází k diplopii a vzniká jednoduchý binokulární vjem. [3]

Fixační disparita

Jak již bylo uvedeno, v rámci Panumova prostoru dochází k toleranci disparátního zobrazení. Drobná odchylka od fixačních os, která se nachází v rámci této oblasti, tedy musí být plně sensoricky kompenzována a nemusí být vůbec vnímána. Takovou odchylku nazýváme fixační disparita (FD). Velikost FD je určena v minutách a je obvykle menší než 5'. Může také signalizovat problémy ve vergenčním systému (dekompenzovaná heteroforie).

U fixační disparity (FD) existuje stresový a chybový model. Stresový model FD je známka problému ve vergenčním systému, neboli je nedostatečná fúzní vergence pro kompenzaci HTF to vede ke stresu a následné fixační disparitě. Oproti tomu chybový model chápe FD jako drobnou chybu ve vergenčním systému. Přítomnost FD tedy může (v případě stresového modelu) být projevem dekompenzované heteroforie, ale také nemusí (chybový model). Je-li $FD = 0$, lze očekávat stav bez potíží. Blíže bude tomuto jevu věnována kapitola 4.2.2. [3]

Rivalita, suprese

Rivalita je soupeření obou očí při pokusu o fúzi různých obrazů, jejímž výsledkem může být suprese. Suprese je útlum informací jednoho oka z jeho části nebo celé sítnice. Vzniká při rivalitě tedy normálním binokulárním vidění, nebo při poruchách binokulárního vidění. [3]

2.2.3 Fyziologická diplopie

Jedná se o zdvojené vidění vně Panumova prostoru, které vzniká při normálním binokulárním vidění. [3]

2.2.4 Binokulární sumace

U binokulární sumace dochází ke zlepšení zrakového vnímání při binokulárním vidění, zejména zvýšení prahových hodnot (takzvané nadprahové vnímání). [3]

2.3 Motorické aspekty binokulárního vidění

Pro normální binokulární vidění je nutný předpoklad, že postavení očí bude rovnovážné a jejich pohybová souhra bude dokonalá. Rovnovážný stav, při němž je dosaženo binokulárního vidění bez zvýšeného úsilí, se nazývá ortoforie. Pohyby očí,

kteřé vedou k zaměření sledovaného objektu, lze dělit na monokulární a binokulární. [1, 4]

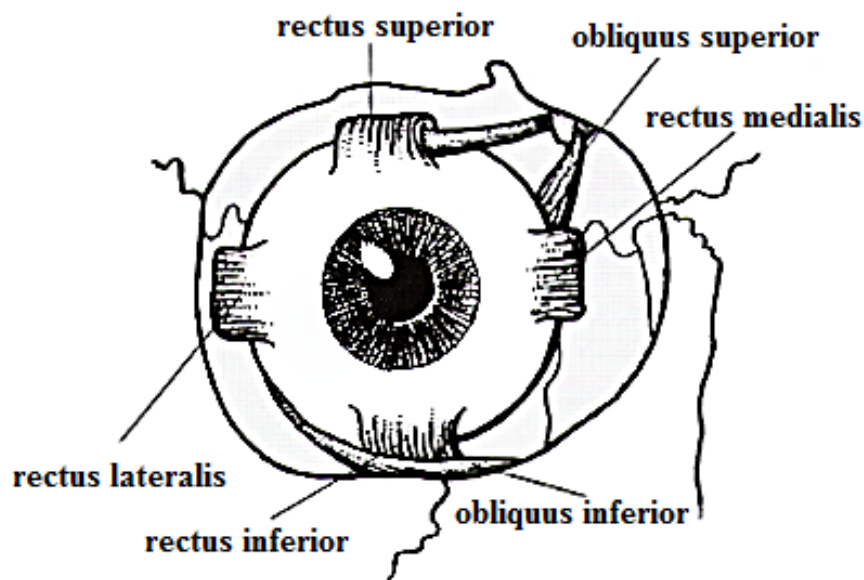
2.3.1 Monokulární pohyby očí

Oko je v základní poloze, pokud směřuje přímo v před při vzpřímené poloze hlavy. Vzhledem k této poloze lze rozdělit oční pohyby na dukce a torze. Pro pohyblivost oční koule jsou velmi důležité okohybné svaly. [6, 7]

Okohybné svaly

Každé oko má šest okohybných svalů z toho čtyři přímé a dva šikmé viz obr. 1. Mezi přímé okohybné svaly patří musculus (m.) rectus superior (horní přímý sval), m. rectus inferior (dolní přímý sval), m. rectus medialis (vnitřní přímý sval), m. rectus lateralis (zevní přímý sval) a mezi šikmé m. obliquus superior (horní šikmý sval), m. obliquus inferior (dolní šikmý sval). Všechny okohybné svaly kromě dolního šikmého svalu začínají ve šlašitém prstenci při vrcholu očníce. Dolní šikmý sval má začátek v dolním nazálním kvadrantu vnitřní stěny očníce. [3, 7]

Obr. 1 – Okohybné svaly pohled zředu [7]



Druhy monokulárních očních pohybů

Posunutí oka do stran znamená, že oko provádí buďto abdukci (otočení oka směrem ven) anebo addukci (otočení oka směrem nazálně). Pohyb nahoru se nazývá elevace a dolů deprese (obr. 2). Existují dvě torze a to extorze (stočení oka směrem zevně, nahoru) a intorze (stočení oka směrem dovnitř, dolů) viz obr 3. [3, 6]

Obr. 2 – Dukce



Obr. 3 – Torze



Existují také pohyby využívané při fixaci oka, jedná se o takzvaný fyziologický nystagmus. Mezi tyto pohyby řadíme tremor (třes), drift a mikrosakadické pohyby.[3, 6]

2.3.2 Binokulární pohyby očí

Binokulární jinak řečeno také párové pohyby jsou koordinované pohyby obou očí. To zajišťují svaly pracující při pohybu ve dvojici. Každý sval má na stejném oku antagonistu (opačně působící sval) a na druhém oku agonistu, neboli synergistu (sval souhlasně působící), ale také antagonistu. Pohyby těchto svalů popisuje Scherringtonův zákon o reciproké inervaci. Scherringtonův zákon říká, že paralelní pohyb očí je umožněn při současné kontrakci agonistů a relaxaci antagonistů. Dále také pohyb svalů popisuje Heringův zákon o stejné inervaci a ten praví, že pohyb jednoho oka je doprovázen pohybem druhého oka o stejné rychlosti a amplitudě ve stejném anebo opačném směru. Mezi binokulární oční pohyby patří verse a vergence. S těmito pohyby též souvisí akomodace. [3, 7]

Verse

Verse jsou koordinované stejnosměrné oční pohyby, u kterých osy zůstávají paralelní. Je šest základních (kardinálních) pohybů. Tyto kardinální pohyby se vyšetřují v klinické praxi v šesti pohledových směrech, viz obr. 4.

- **Sakadické pohyby** jsou tzv. refixační pohyby (změna fixačního bodu např. při čtení) a také jsou používány k prohlížení zorného pole.

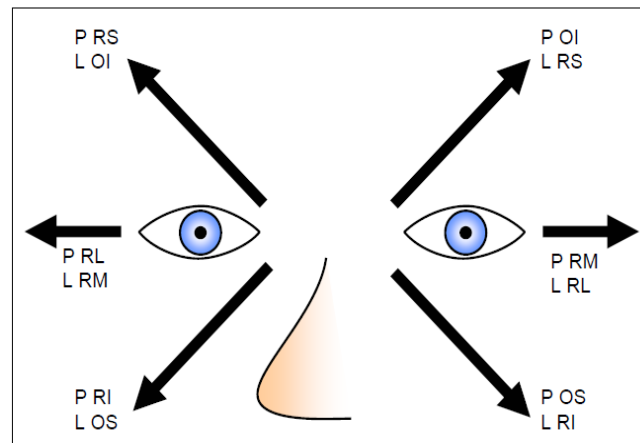
- **Plynulé sledovací pohyby** jsou spojité pohyby, vyskytující se v případě, že v zorném poli se pohybuje předmět. Tyto pohyby nejsou ovladatelné vůlí.
- **Reflexní pohyby** zahrnují vestibulární zrakový reflex a optokinetickou odezvu (optokinetický nystagmus). Při vestibulárním zrakovém reflexu oči stále fixují i při pohybu hlavou, pokud se nehýbe fixovaný předmět. Optokinetický nystagmus je nevědomé sledování rozsáhlých objektů. Sledování těchto objektů probíhá pomalými pohyby v jednom směru, které jsou přerušované rychlými pohyby typu sakád v opačném směru.

Vergence

Koordinované protisměrné pohyby jsou nazývány vergence. Dle stimulů se dělí na konvergenční a divergenční pohyby.

- **Konvergence** tedy probíhá, při stáčení očí k sobě. Konvergenčním pohybem se zmenší fixační vzdálenost.
- **Divergence** je pohyb stáčeující oči od sebe. Při tomto pohybu je fixační vzdálenost zvětšena. [3, 4, 6, 7]

Obr. 4 – Základních 6 pohybových směrů [3]

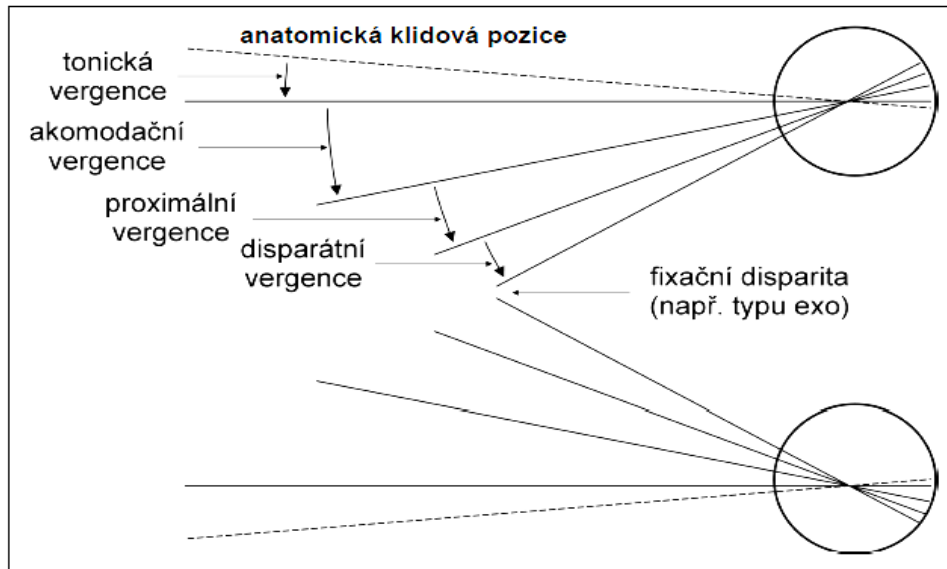


Model vergence dle Maddoxe

Základní (klidový) stav je při pozici očí bez jakéhokoliv vlivu inervace. Tento stav tvoří více složek. První složka je tonická vergence, která právě stáčí osy do základního stavu. Na ni navazuje akomodační vergence, tedy konvergence navozená akomodací, blíže bude rozvedena níže v kapitole 2.3.3. Proximální vergence je

navozená odhadem vzdálenosti sledovaného bodu a fúzní vergence (disparátní) je navozena sítnicovou disparitou a dorovnává oči do ideální pozice (např. při heteroforii). [3, 6, 7]

Obr. 5 – Složky vergence (Madoxův model) [3]



2.3.3 Vztah akomodace a konvergence

Mezi akomodací a konvergencí je vzájemný vztah, tedy akomodace navozuje konvergenci a konvergence navozuje akomodaci. Nejdříve bude popsána akomodační konvergence (AC), následně potom bude popsána konvergenční akomodace (CA). Poté bude zmíněn AC/A poměr a CA/C poměr.

Akomodační konvergence

Při akomodaci je dodán impuls vergenčnímu systému, který vede ke zvýšení konvergence o složku AC. Pokud je tento příspěvek k celkové konvergenci zrušen, musí ho nahradit jiné složky vergence.

Konvergenční akomodace

Při konvergenci vzniklý impuls vede ke zvýšení akomodace o složku CA.

AC/A poměr

Tento poměr udává to, jak silný konvergenční podnět (udáván v dioptriích) je vytvořen danou akomodací. Normální hodnota AC/A poměru je asi 3:1 až 4:1 pD/D (kde pD je prizmatická dioptrie a D je dioptrie).

CA/C poměr

Udává, jakou sílu má akomodační podnět vytvořený danou konvergencí. Jeho normální hodnota je asi 1:10. [3]

3. VNÍMÁNÍ PROSTORU, STEREOPSE

Jak již bylo uvedeno, nejvyšší stupeň binokulárního vidění představuje stereopse, tedy tzv. pravé prostorové vidění. Nicméně lze prostor vnímat i monokulárně, avšak na základě zcela odlišných aspektů. Oba pohledy na vnímání prostoru shrnuje následující kapitola. [6]

3.1. Monokulární a binokulární vnímání prostoru

3.1.1. Monokulární

Monokulární vnímání hloubky je schopnost, kterou se učíme, což znamená, že jde o schopnost založenou na zkušenosti. Při navození prostorového vjemu u dvourozměrných obrazů bývá využito právě jednoduché monokulární vnímání hloubky. Mezi prvky monokulárního vnímání se řadí velikost objektů, překrytí objektů, geometrická perspektiva, vzdušná perspektiva, rozložení světla a stínu, pohybová paralaxa a kinetické hloubkové efekty při pozorování rotujících objektů. U velikosti objektů jsou předměty, které jsou blíže vnímány jako větší. Dále u vnímání překrytých objektů vnímáme objekt zakrývající jiný jako bližší. Geometrická perspektiva působí jako by se linie sbíhaly. Vzdušná perspektiva zobrazuje objekty ve větší výšce nad obzorem jako bližší. Pohybová paralaxa je na základě vzájemného zdánlivého posunu objektů při pohybu pozorovatele vnímána jako prostorové rozložení objektů. [3, 6]

3.1.2. Binokulární

Binokulární vnímání prostoru vychází z anatomické organizace zrakového aparátu. Mezi binokulární prvky řadíme konvergenci tedy vjem hloubky na základě pozice, nebo změny pozice oko-hybných svalů. Také mezi prvky binokulárního vnímání prostoru řadíme akomodaci přispívající k vytvoření hloubkového vjemu a také stereopsi vjemu hloubky založenému na sítnicové disparitě. Osoby s normálním binokulárním

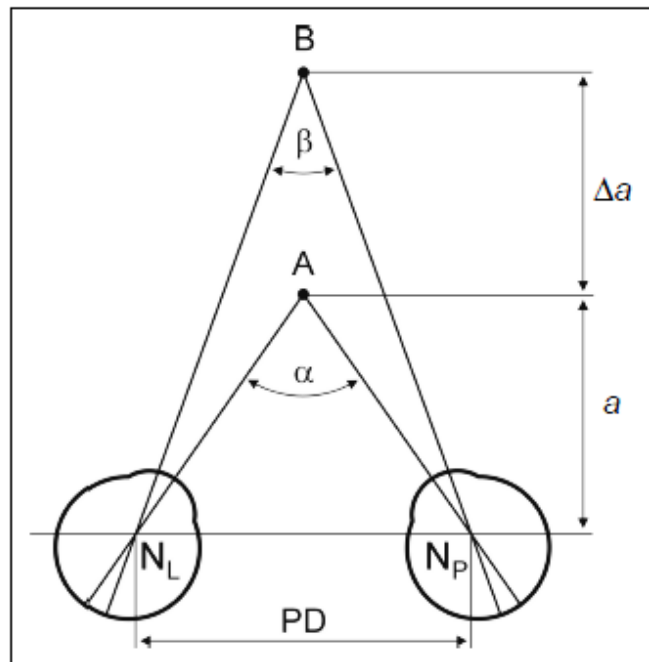
viděním budou mít binokulární vnímání hloubky. Většina lidí má binokulární vidění a také stereopsi, neboli schopnost nazývanou stereoskopické vnímání, stereoskopické vidění. Je velmi důležité si uvědomit, že všechny monokulární podněty jsou k dispozici pro binokulární vnímání, ale navíc jsou zobrazeny mírně odlišnými obrazy obou očí. To vyplývá z různého umístění obou očí s ohledem na prostor objektu. Je to mírný rozdíl mezi pravým a levým obrazem sítnice a také velikostí binokulárního překrytí monokulárního zorného pole při koordinačním pohybu očí. Vliv má též částečné zkřížení anebo přechod vláken zrakové dráhy přes chiasma poskytující základ pro stereopsi. [3, 8]

3.2. Stereopse

Jedná se tzv. „pravé“ prostorové vidění, kde je vnímání binokulární hloubky založeno, jak již bylo uvedeno, na sítnicové disparitě. Sítnicová disparita je tedy její základní stimul. Oblast stereopse přesahuje lehce Panumův prostor. Pokud je přítomno stereoskopické vidění čili nejvyšší stupeň binokulárního vidění, bude prostorové vidění nejkvalitnější. Klinické hodnocení stereopse je cenné, protože udává úroveň binokulárního vidění. Stereopse může pomáhat při detekci binokulárních anomálií, jakož i při jejich léčbě. Také je stereopse důležitá pro objevení skrytých vad oka zejména v okohybných funkcích.

Úhel stereoskopické paralaxy (úhel, pod jakým předměty vidíme) je důležitým kritériem schopnosti prostorového rozlišení neboli meze stereoskopického rozlišení. Ta vyjadřuje zdánlivé hloubkové posunutí objektu od fixačního bodu. Stereoskopické zobrazení lze v úhlové míře popsat pomocí stereoskopické paralaxy znázorněné na obr. 6. Při pozorování dvou bodů A a B, umístěných v různé vzdálenosti, představuje stereoskopická paralaxa μ rozdíl úhlů, pod kterými je každý z daných bodů pozorován (na obr. 6 úhly α a β), $\mu = \alpha - \beta$. Základním parametrem, podle kterého lze stereopsi hodnotit, je stereoskopický práh. [3, 5, 9]

Obr. 6 – Stereoskopická paralaxa [3]



3.2.1. Stereoskopický práh

Stereoskopický práh je hodnota stereoskopické paralaxy, při které je pozorovatel ještě schopen rozlišit vzájemnou pozici dvou předmětů. Práh stereoskopického rozlišení je značen μ_p . Stereoskopický práh lze stanovit pomocí mezní vzájemné vzdálenosti obou pozorovaných objektů Δa a vzdálenosti od pozorovatele a při dané pupilární vzdálenosti PD (viz obr. 6) ze vztahu pro stereoskopickou paralaxu. Za hodnoty úhlů α a β lze dosadit $\alpha \approx PD/a$ a $\beta \approx PD/a$. Odtud získáme [3, 8, 9]

$$\mu_p \approx \frac{PD \cdot \Delta a}{a^2 + a \cdot \Delta a}.$$

Pokud dále platí $\Delta a \ll a$, lze vztah zjednodušit na tvar

$$\mu_p \approx \frac{PD \cdot \Delta a}{a^2}.$$

V laboratorních podmínkách je stereoskopický práh roven $20''$. Klinicky měřené hodnoty stereoskopické prahu bývají obvykle horší než $40''$. Za hranici normálních hodnot je v klinické praxi obvykle považována hodnota do $60''$. Se stereoskopickým prahem souvisí kvalita binokulárního vidění, toto bude dále rozebráno v kap. 5 i s normálními hodnotami stereoskopického prahu dle věku. [3, 5]

Občas se stane, že vyšetřovaná osoba uvede při dvoubarevném testu, že červená nebo zelená část terče se jeví blíž. K tomu dochází pouze při binokulárním sledování a tento vjem je znám jako chromatická stereopse. Ta je způsobena rozdílem síly oka (při různých vlnových délkách) a excentricitou (zakřivením) zornice. Chromatická stereopse je tedy prostorový vjem při pozorování rovinných sytých barevných vzorů, z nichž jeden barevný vzor vystupuje do popředí případně pozadí. Který vzor bude více vpředu, nebo vzadu vychází z barevné vady oka. [3, 8]

4. ÚVOD DO PROBLEMATIKY HETEROFORIÍ

Heteroforie se řadí mezi poruchy svalové rovnováhy. Heteroforie (HTF) je skrytá odchylka, která se projevuje až při zrušení fúze (při zakrytí jednoho oka). Za normálních podmínek je korigována fúzní vergencí (FV). Jestliže je FV ke kompenzaci nedostačující, vzniká manifestní odchylka neboli heterotropie (HTT). HTF může být také přítomna u akomodačních poruch. [10, 11]

4.1. Klasifikace

Existuje více typů klasifikace HTF. HTF lze je například klasifikovat podle kompenzace, směru odchylky, etiologie a fixační vzdálenosti. Tyto klasifikace jsou uvedeny níže.

4.1.1. Klasifikace podle směru odchylky

Směr odchylky je hodnocen při oddělení očí neboli disociaci a to na:

- exoforie (EXO) – stočení očí ven
- esoforie (ESO) – stočení očí dovnitř
- hyperforie : jedna optická osa vyšší než druhá, směrem nahoru
 - vpravo – stočení pravého oka nahoru
 - vlevo – stočení levého oka nahoru
- hopoforie: jedna optická osa vyšší než druhá, směrem dolů
 - vpravo – stočení pravého oka dolů
 - vlevo – stočení levého oka dolů
- incykloforie – stočení oka dovnitř
- excykloforie – stočení jednoho oka ven [11,13]

4.1.2. Klasifikace podle etiologie

- Refrakční příčiny: Nevykorigovaná nebo špatně vykorigovaná refrakční vada může ovlivnit (navodit či uvolnit) akomodaci, která následně ovlivní konvergenci a tím vznikne horizontální HTF.
- Svalový původ: Příčinou HTF je abnormálně zvýšené nebo snížené klidové napětí okohybných svalů, tedy tonická vergence. Když je tonická vergence zvýšená, vzniká ESO a při snížené vzniká EXO.
- Akomodační příčiny: Poruchy akomodace mohou přes AC/A poměr způsobit horizontální HTF. Zvýšená akomodace způsobuje zvýšenou AC a tím ESO. Naopak zeslabená akomodace způsobuje sníženou AC a následně EXO.
- Abnormální AC/A poměr: Je-li AC/A poměr slabý nebo silný, normální míra akomodace nenavodí dostatečnou konvergenci, popř. navodí konvergenci příliš silnou. Slabý AC/A způsobuje EXO a silný AC/A tvoří ESO. [11]

4.1.3. Klasifikace podle kompenzace

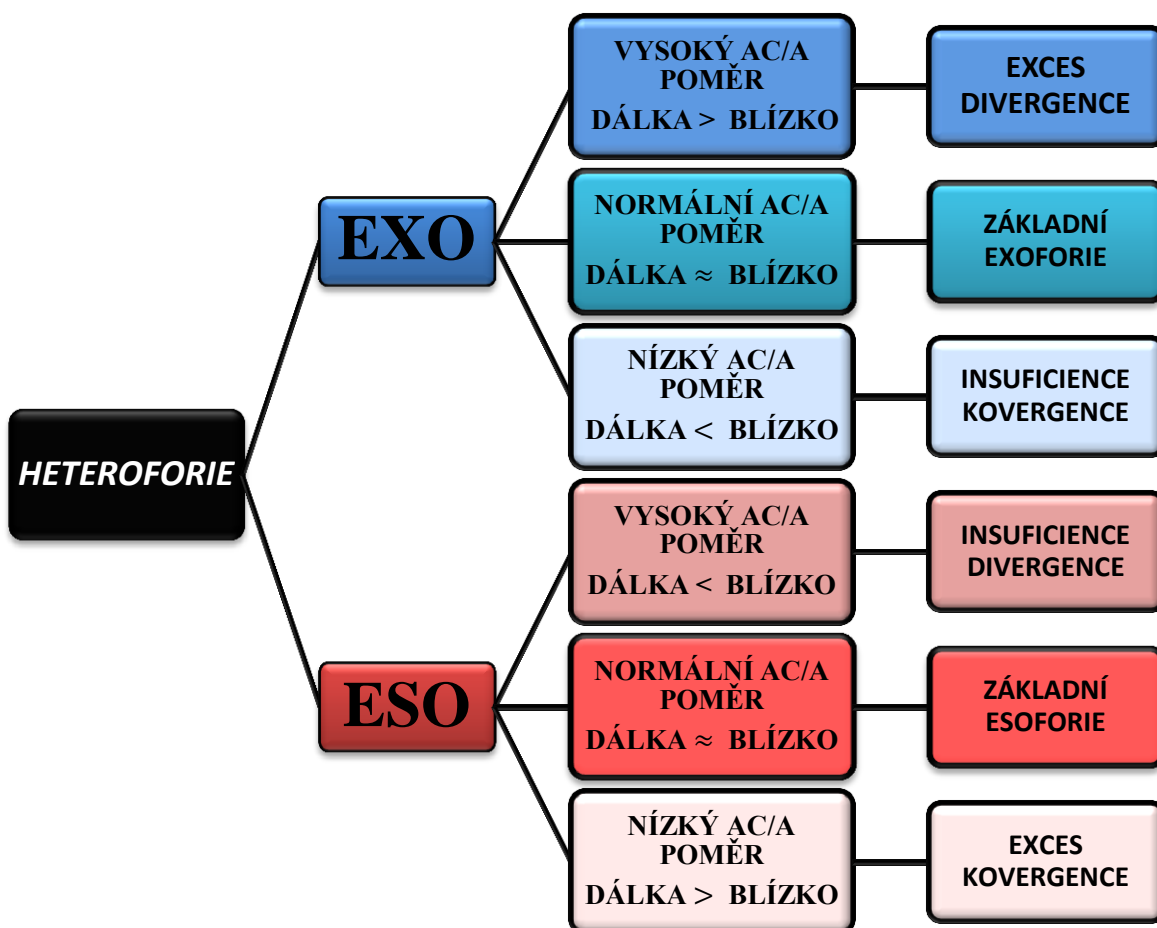
Kompenzovaná HTF znamená, že vergenční systém je schopen sám HTF úplně překonat, to je důvodem toho, že kompenzovaná HTF nevyžaduje řešení. Probíhá bez symptomů, je přítomno stabilní BV a také probíhá plynulý návrat po disociaci. Obvykle u ní není přítomna fixační disparita a suprese. Má odpovídající fúzní rezervy a má dobrou stereopsi. [11]

U dekompenzované HTF už není schopen vergenční systém sám HTF úplně překonat, to znamená, že je potřeba řešení a to zejména pokud se vyskytnou symptomy. Má pomalý návrat k disociaci, vyskytuje se při ní fixační disparita. BV je sice přítomno, ale fúzní rezervy jsou neodpovídající a stereopse je slabá. Při dekompenzované HTF se může vyskytovat buď suprese, nebo symptomy (tzv. je symptomatická). Symptomy jsou nespecifické, vizuální, binokulární a astenopické obtíže. Mezi vizuální symptomy patří diplopie, distorze a rozmazané vidění. U binokulárních obtíží jsou problémy při změně zaostření. Jak je uvedeno, mezi jeden z hlavních příznaků patří oslabená stereopse viz kapitola 4.2. Naopak při monokulárním vidění se komfort zvyšuje. K astenopickým problémům patří bolesti hlavy, pálení a bolest očí, nevolnost až zvracení, celkové podráždění a ztráta koncentrace. Dekompenzace také úzce souvisí s přítomností FD, jak bylo uvedeno v 2.2 a bude popsáno ve 4.2.2. [11]

4.1.4. Klasifikace podle Wicka

Zde je uvedena rozšířená klasifikace podle Wicka. Tato klasifikace vychází z hodnocení typů odchylky na různé vzdálenosti a zohledňuje vliv AC/A poměru. Samostatně jsou rozděleny odchylky typu EXO, ESO a ostatní. Mezi EXO odchylky patří základní exoforie, exces divergence, insuficience divergence. K ESO patří základní esoforie, exces konvergence, insuficience divergence. Mezi ostatní se řadí dysfunkce fúznívergence a vertikální forii. Disfunkce fúznívergence má normální AC/A poměr, je přítomna HTF do dálky tak do blízka. Vertikální forie nastává při abnormálním sklonu hlavy, je přítomna vertikální HTF. Zbývající EXO a ESO odchylky jsou znázorněny v obr. 7, kde je i zohledněn jejich AC/A poměr. [11]

Obr. 7 – Schéma klasifikace HTF podle Wicka



4.2. Hodnocení kompenzace

Zhodnocení kompenzace je z klinického hlediska velmi významné. Jak bylo uvedeno v 4.1.3, lze o kompenzaci rozhodnout na základě více parametrů. Obvykle se jedná o hodnocení fúzní rezervy (FR), fixační disparity, asociační forie a stereopse. Vztahu mezi stereopsí a HTF je věnována samostatná kapitola.

4.2.1. Fúzní rezervy

Fúzní rezervy zjišťují rozsah vergenčních pohybů u navození prizmaty při akomodaci na danou vzdálenost, která je většinou 6 m a 40 cm. Mělo by být ještě zachováno jednoduché binokulární vidění. Hledá se tedy mezní hodnota vergence, při které dojde k rozmazání, rozdvojení a případně k následnému opětovnému spojení obrazu. Hodnotí se maximální možná schopnost **konvergence**. Jedná se o pozitivní fúzní rezervy (PFR), které vyšetřujeme předkládáním prizmat bází směrem ven, kde navozujeme konvergenci. Vyčerpání této rezervy se projeví rozmazáním či rozdvojením obrazu. Důležité je pro hodnocení kompenzace exoforie. Normální hodnoty jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 - Normální hodnoty PRF

Dálka:	Blízko:
rozmazání: 12-16 pD	rozmazání: 20-28 pD
rozdvojení: 18-22 pD	rozdvojení: 26-34 pD
spojení: 14-18 pD	spojení: 22-30 pD

Dále se také hodnotí schopnost maximální možné **divergence**. Tento parametr nazýváme také negativní fúzní rezerva (NFR). Zjišťuje se předkládáním prizmat bází směrem dovnitř. Je důležitá pro hodnocení kompenzace esoforie. Normální hodnoty jsou v tab. 2.

Tab. 2 - Normální hodnoty PRF

Dálka:	Blízko:
rozmazání: nenastane	rozmazání: 6-10 pD
rozdvojení: 6-12 pD	rozdvojení: 12-18 pD
spojení: 4-8 pD	spojení: 8-14 pD

Dále zjišťujeme také maximální možné schopnosti **infravergence** a **supravergence**. Vyšetření probíhá předkládáním prizmat bází směrem nahoru, resp. dolů. Tyto fúzní rezervy jsou důležité u hyperforií. Normální hodnoty infravergence i supravergence jsou **2-4 pD**. [3, 9, 12]

Na základě uvedených fúzních rezerv lze provést zhodnocení kompenzace HTF jednak srovnáním odpovídající FR s normálními hodnotami, jednak vzájemným porovnáním HTF a příslušné FR. Porovnání lze provést pomocí kritérií. Nejznámější jsou Sheardovo a Percivalovo kritérium, které vyjadřují matematicky kompenzaci HTF [14,15]:

- **Sheardovo kritérium** udává, že pokud jsou FR větší nebo rovny dvojnásobku HTF, neměla by HTF vytvářet další komplikace. Sheardovo kritérium nejlépe vyhovuje exoforii. Pokud není kritérium splněno, lze stanovit prizmatickou korekci Δ podle vzorce

$$\Delta = 2/3 HTF - 1/3 FR,$$

kde *HTF* představuje velikost dané heteroforie a *FR* velikost příslušné fúzní rezervy.

- **Percivalovo kritérium** říká, že by neměly vzniknout další komplikace HTF, pokud menší FR budou větší, než polovina větší FR. Nejlépe vyhovuje toto kritérium pro esoforii (do blízka). V případě nedodržení tohoto kritéria, lze stanovit prizma podle vzorce

$$\Delta = 1/3 FR_1 - 2/3 FR_2,$$

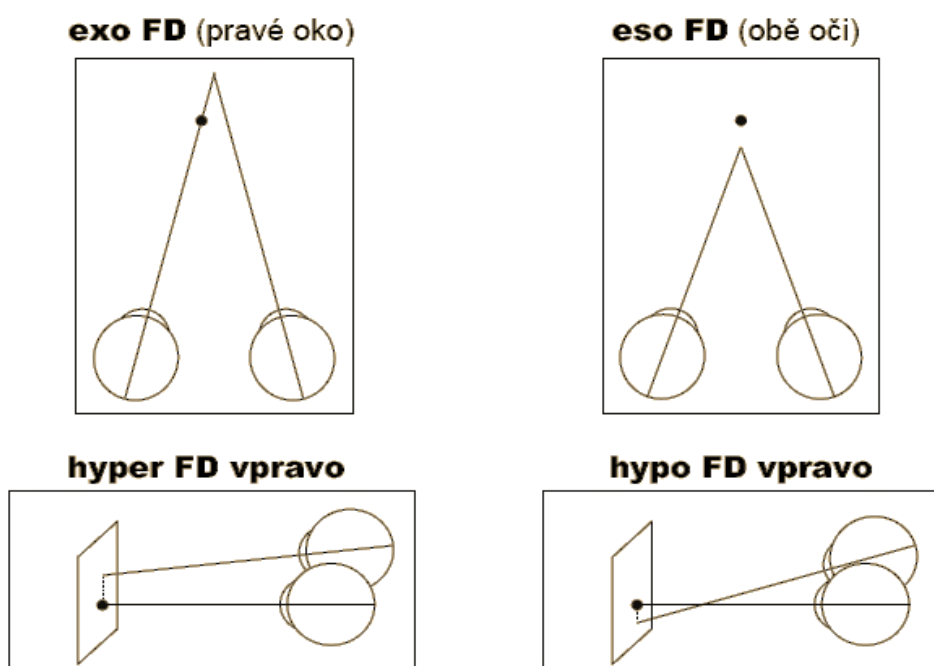
kde *FR*₁ je velikost větší a *FR*₂ velikost menší fúzní rezervy.

4.2.2. Fixační disparita a asociační forie

Fixační disparita

Jak již bylo popsáno v kapitole 2.2.2., fixační disparita je malá odchylka fixačních os při normální binokulární fúzi ležící v rámci Panumova prostoru. Fixační disparita může být jak na jednom tak i na obou očích. Lze ji také dělit na exo, eso, hyper, hypo viz níže na obr. 8. [3, 12]

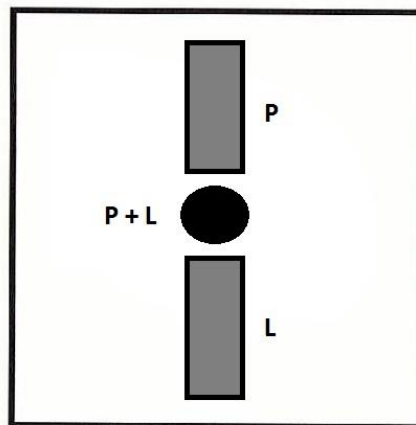
Obr. 8 – Příklady vjemu testu při různých FD [12]



Při měření je nutné zachovat BV a současně sledovat samostatné vjemy obou očí. Testy tedy musí obsahovat část viděnou oběma očima (fúzní podnět) a části viděné samostatně každým okem. Za tímto účelem jsou využívány anaglyfické nebo raději polarizační testy, kde dochází k oddělení vjemů obou očí pomocí barevných filtrů nebo polarizací. Je optimální zvolit takový test, který má jak kvalitní centrální, tak i periferní fúzní podnět. Části viděné každým okem samostatně jsou obvykle ve formě úseček (noniových značek). Příklad testu s centrálním fúzním podnětem je na obr. 9. V případě polarizovaných testů existují dvě varianty - pozitivní polarizace, zobrazující tmavé podměty na světlém poli, a negativní polarizace, při které jsou prezentovány světlé

podměty na tmavém poli. Některé zdroje [5, 20] uvádí, že pozitivní polarizace je přirozenější než negativní. Při vyšetření na testu se soustředíme na vzájemnou pozici noniových čar a pozici vůči centrálnímu znaku. Výchylka oproti symetrickému stavu značí přítomnost fixační disparity. Pokud se oko odchýlí doprava, vychýlí se znak na obrázku u fixační disparity doleva. [3,12]

Obr. 9 - Test na fixační disparitu. Část P je viděná pravým okem, L levým okem, centrální kolečko je vidět oběma očima (fúzní podnět).



Asociační forie

Asociační forie (AF) se definuje jako prizmatická hodnota nutná k úplné kompenzaci FD. Hodnota AF nezávisí přímo na FD, ale úzce souvisí s kompenzací heteroforie. Lze podle jejich hodnot odlišit chybový a stresový model FD. V případě normálních hodnot se jedná o chybový model, abnormální hodnoty poukazují na stresový model a dekompenzaci HTF. Abnormální hodnoty pro test s centrálním fúzním podnětem jsou u lidí **pod 40 let**, pokud je nutná korekce **větší, nebo 1 pD** a u lidí **starších 40 let**, pokud je nutná korekce **větší, nebo 2 pD**. [11,12]

Obecné zásady práce s testem FD, AF

Nejdříve proběhne představení testu bez polarizačních předsádek, až potom se předsádky vloží. Ověří se vjem pravého i levého oka, následně se kladou dotazy na úplnost (kontrast), současnost, pozici, pohyb (stabilita). Vkládáme prizma bází proti odchylce, horizontální krok je přibližně po 1 pD a vertikální asi po 0,5 pD. Poloha prizmat podle odchylek je znázorněna níže v tab. 3. [12]

Tab. 3 – Poloha prizmat podle odchylek

ODCHYLKA	SMĚR BÁZE	ZKRATKA
EXO	BÁZE NAZÁLNĚ	(BI)
ESO	BÁZE TEMPORÁLNĚ	(BO)
HYPER	BÁZE DOLŮ	(BD)
HYPO	BÁZE NAHORU	(BU)

Mezi nejznámější testy patří Malettův test a Polatest® do blízka i do dálky. Dále se používají např. Wesson Card a Saladin Near Point balance Card do blízka, Projekční optotyp do dálky. Výše uvedená kritéria pro hodnocení AF lze využít právě ve spojení s Malletovým testem viz obr. 9. [12, 16]

Obr. 10 – Malletův test [17, 18]



5. VZTAH STEREOPSE A KVALITY BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Stereopse je nejvyšší stupeň BV, což znamená, že stereopse bude ovlivňovat kvalitu binokulárního vidění. Pro stereopsi je důležitý stereoskopický práh popsán v kapitole 3.2.1. Pokud jsou hodnoty stereoskopického práhu normální, lze předpokládat normální binokulární vidění. U většiny lidí je přítomno stereoskopické vidění, nicméně nemusí normálně fungovat až u 30 % z normální populace. Toto snížení v normální detekci disparity je někdy nazýváno „stereo slepota“. Také je možné, že je stereo slepota v různém rozsahu. U suprese jednoho oka způsobuje, že stereopse je velmi snížena anebo úplně chybí. Pokud chybí stereopse může nastat absence binokulárního vidění. Pokud nejsou obrazy na obou sítnicích stejně veliké, dojde k aniseikonii vedoucí ke snížené stereoskopické ostrosti. Oslabení binokulárního vidění například vlivem dekompenzované HTF vede k oslabení stereopse [3, 6, 8, 20]

5.1. Normální hodnoty

Pro vyhodnocení stereopse je nutné vycházet nejen z konkrétní hodnoty stereoskopického práhu a též z věku vyšetřované osoby. Stereoskopický práh se totiž od dětství do dospělosti postupně snižuje. Děti od jednoho do dvou let mají hodnotu stereoskopického práhu 250'' a od dvou let do tří se jeho hodnota pohybuje od 120'' do 250''. U dětí ve věkovém rozmezí mezi 5-6 lety se pak hodnoty téměř blíží hodnotám dospělého člověka, tedy děti nad 6 let a dospělí mají hodnotu stereoskopického práhu asi 20'', ale klinicky lze akceptovat i hodnoty do 60'', optimální hodnoty potom jsou kolem 40''. [3]

5.2. Možnosti využití stereopse při hodnocení a korekci heteroforií

O využití stereopse (stereotestů) se vedou spory, hlavně o to, jestli je vhodné určit podle stereotestů vhodnou prizmatickou korekci a použít ji, nebo jestli mají stereotesty užívat jen ke zjištění HTF nikoli k její úpravě prizmatickou korekcí. Podle toho se dělí dva hlavní směry, jsou to německý a anglosaský. Německý směr je charakteristický požadavkem plné prizmatické korekce určené metodou měření a korekce podle H. J. Haaseho (MKH), kde zjistí odchylky a následně se plně vykorigují prizmatickou korekcí. Přičemž při tomto postupu je pro úpravu prizmat užito i stereotestů. MKH je samostatně popsána v kapitole 6. Anglosaský směr naopak používá stereopsi pouze k detekci přítomnosti a hodnocení kvality BV, protože podle některých studií nejsou účinky prizmatické korekce prokázány, dokonce v některých případech může dojít ke

zhoršení dané situace. Korekční prizma je stanoveno na základě FR nebo FD a AF dle pravidel z kapitoly 4.2. Dále budou uvedeny studie, které aplikaci prizmatické korekce jak podporují tak i vyvracejí.

5.2.1. Fixační disparita v kontextu MKH

Dochází-li při denním vidění k minimálnímu vynaložení energie při bicentrálním zobrazování bodového detailu fixovaného předmětu, hovoříme o ideálním binokulárním vidění. Pokud dochází k odchýlkám od tohoto stavu, které oči jsou schopny za obvyklých podmínek při volném vidění kompenzovat, mluvíme o HTF. HTF lze korigovat jen v případě, že už ideální binokulární vidění dříve existovalo. HTF může navodit fixační disparitu (FD) jako projev dekompenzace, viz kapitola 4.2. Fixační disparita tedy může být použita jako indikátor HTF. Podle metodiky korekce MKH [5, 20] může být samotná FD příčinou potíží i bez přítomnosti HTF. Tento jev je možné chápat tak, že primární příčinou byla HTF, na základě které vznikla FD. HTF ale časem vymizela, avšak FD zůstala. Z tohoto pohledu se pak FD dělí na dva typy: FDI a FDII.

FD I (též FD I. stupně) je také nazývána „nově vzniklou FD“. Oči nejsou plně motoricky kompenzovány a setrvávají v mírně disparátní pozici. Lze hovořit o mírně narušené bicentrální korespondenci. Sítnicové obrazy z obou očí pak musí být spojeny do jednoho vjemu pomocí senzoričké složky fúze v rámci Panumových areálů, které mají normální (obvyklou) velikost. Ale déle trávající FD I. zatěžuje Panumovy areály, což vede k jejich protažení a později i k adaptačním procesům (u FD II). FD I následně bývá provázena astenopickými potížemi a také opožděnou a oslabenou stereopsí. Normální spolupráce obou očí lze dle MKH docílit použitím přiměřené prizmatické korekce. Dosažení normálního stavu povede k úlevě od potíží a ke zlepšení stereopse.

Pokud je u pacienta přítomna FD I měsíce až roky, může vzniknout FD II. stupně. U FD II již dochází k adaptačním procesům vlivem dlouhodobé zátěže Panumových areálů a jejich protažení. Centrální adaptací vzniká pseudofovea a nekorigováním může vzniknout ARK v centrální části. Adaptace následně pokračuje do periferie a tím vzniká tzv. „utvrzená FD II“. Ta má podobné příznaky jako FD I, ale působí větší změny stereopse. FD II je možné dle MKH rozdělit na několik dalších podskupin, viz např. [5, 20].

Jak bude dále uvedeno v kap. 6, metodika MKH se snaží plně korigovat jakékoliv okohybné odchylky s cílem nejen potlačit případné potíže plynoucí z dekompenzované

heteroforie, ale snaží se také dosáhnout maximální možné kvality binokulárního vidění (včetně stereopse) aplikací úplné binokulární korekce. [3, 20, 21]

5.2.2. Vliv prizmatické korekce dle MKH na stereoskopickou ostrost

Cílem autorů [22] u této studie bylo zjištění, zda se stereopse po korekci utvrzené FD zlepšil v souladu s metodikou MHK.

Bylo vyšetřeno deset zdravých lidí ve věku 20 – 33 let (průměrně 25,5 roku), kteří patřili mezi studenty a zaměstnance univerzity na oční klinice ve Freiburgu. Všechny 10 lidí splňovalo tyto 3 následující podmínky:

1. Vizuální ostrost na obou očích s korekcí je alespoň 1,0.
2. Rozdílný visus mezi oběma očima má být menší než jeden řádek.
3. Nesmí mít žádný manifestní strabismus (žádný pohyb při úpravě na krycím testu do strany).

Všem 10 subjektům bylo sděleno, že vyšetřování slouží ke zlepšení vyvážení latentního šilhání přes prizmatické brýle, a to za předpokladu přítomnosti stereoskopického vidění. Všechny 10 osob bylo rozděleno při provedení metody MKH podle ARK na 5 lidí s „nově vzniklou FD“ a 5 s „utvrzenou FD“. Kromě toho byla stanovena odpovídající prizmatická korekce podle pokynů z MKH. Všechny 10 lidí bylo podrobeno počítačovému testu stereoskopické ostrosti bez prizmat.

Vzhledem k tomu aby byla dosažena větší stereoskopická ostrost vidění, musí být zkouška opakována. Na základě jejich zrakové stereoskopické ostrosti z výsledku testu byli testováni lidé ve fázi výcviku 3 dny 3krát a poté následoval hlavní experiment. V hlavním experimentu zkoumali čtyři různé vlivy na stereoskopickou ostrost.

1. Bez prizmatické korekce.
2. Křížový test s nulovou hodnotou prizmatu.
3. Prizmaty podle MKH.
4. Placebo prizmaty.

Jak 5 osob s „nově vzniklou FD“ tak 5 s „utvrzenou fixační disparitou“ dosáhlo dobré až velmi dobré stereoskopické ostrosti i bez prizmat podle MKH. Prizmata nezlepšila stereoskopickou ostrost u žádné pokusné osoby. Z výsledků tedy nevyplývá, že by možná korekce utvrzené fixační disparity zlepšila stereoskopickou ostrost. U 5

osob s nově vzniklou fixační disparitou při korekci podle MKH se dalo očekávat i bez prizmat, že budou mít vysoké stereoskopické vidění. Použitím MKH prizmat na „nově vzniklou fixační disparitu“ nemůže být odůvodněno získáním stereoskopického vidění a to v souladu s předcházejícím zjištěním. Neexistuje žádný přesvědčivý důkaz, že MKH prizmata mohou zlepšit stereoskopické vidění. [22]

5.2.3. Přidružené heteroforie a předozadní asymetrie prevalence oka

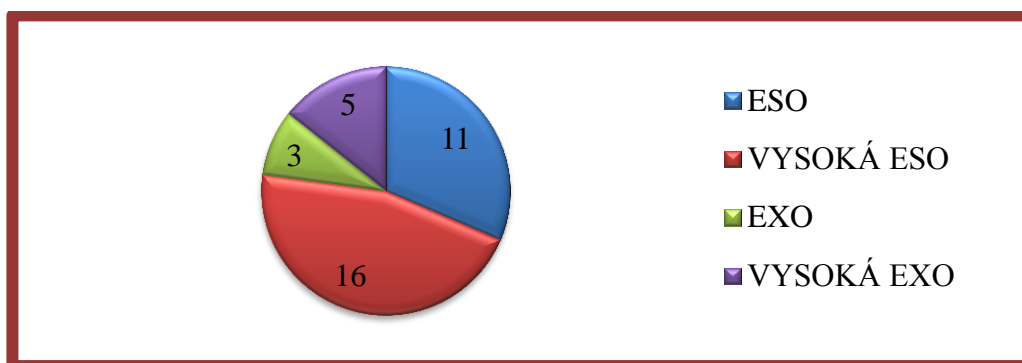
Tato studie [23] se zabývá prevalencí, tedy dominancí jednoho oka ve stereoskopickém směrovém vnímání. Hanse Joachim Hasse vytvořil valenční test na prizmatickou korekci heteroforie a stanovil související hypotézu, která říká, že podle směru heteroforie (buď ESO nebo EXO) bude existovat odlišná prevalence před nebo za referenční rovinou při stereoskopickém vjemu. Prevalencí se rozumí stranový posun prostorově vnímaného objektu vzhledem k referenčnímu objektu. Tato asymetrie prevalence je pak ukazatelem pro selhání oční korespondence ve smyslu fixační disparity. A právě na tuto hypotézu se studie zaměřuje.

Bylo vyšetřeno 43 subjektů ve věku 23 až 52 let, přitom byla zjištěna prevalence u 37 osob třemi různými způsoby:

1. Určení prevalence pomocí ústního popisu vnímání, tedy POPISEM.
2. Určení prevalence pomocí grafického znázornění na papír, čili KRESLENÍM
3. Určení prevalence pomocí centrování pozice trojúhelníku na počítačovém testu, tedy CENTRACÍ.

Bylo zjištěno, že z 37 osob má ESO anebo EXO forii 35 osob esoforie u 11, vysoká esoforie u 16, exoforie u 3, vysoká exoforie u 5 osob. Přehledněji znázorněno níže v grafu 1.

Graf 1 – Výskyt počtu osob s heteroforií



V této studii byl posouzen význam různých faktorů a to díky měření výskytu (prevalenci) za různých podmínek. A zjištění byla následující:

U předozadní asymetrie oka bylo při zkoušce zjištěno, že u esoforie se vyskytovala častěji prevalence oka při poloze trojúhelníků před referenční rovinou nežli u trojúhelníků zobrazených za referenční rovinou. Tento vztah byl zjištěn ze souboru 35 osob s ESO nebo EXO forií při měření směru heteroforie. Také v podskupině 19 probandů při stabilním vnímání na valenčním testu byla zjištěna korelace mezi velikostí asociační heteroforie a asymetrií prevalence. Tento vztah byl statisticky významný pro všechny tři použité metody a to na úrovni skupiny.

Podle analýzy se potvrdilo prohlášení Hanse-Joachima Haase, že směrové vnímání oběma očima u rovnocenných prostorových objektů bude při esoforii lepší před obrazovou rovinou než za ní. U exoforie je tomu naopak. Vzhledem k tomu, že tento vztah platí pouze pro průměrné hodnoty skupiny, nemůže být valenční test doporučen pro prismatickou korekci heteroforie u každé osoby. [23]

5.2.4. Změny stereoskopického vnímání hloubky způsobené decentrací brýlových čoček

V této studii [24] bylo cílem zjistit, jestli prizmatická korekce způsobí u stereoskopického vnímání hloubky při decentraci brýlových čoček změny a případně jaké.

Byl studován účinek na vnímání hloubky, který působí decentrování brýlové čočky. Přitom byl použit disparitní rozsah ke zkoumání vlivu změn konvergence na stereopsi. V celém rozsahu disparity byl zjišťován účinek hodnocením stereopse (maximální horizontální disparity) na náhodných-dot stereogramech (RDS).

Výsledky ukazují, že rozdíly ve fúzní konvergenci mohou snížit stereopsi u pozorovatelů důsledkem decentračních kroků. Decentrace zmenšuje oblast, kde může probíhat stereoskopická korespondence. Při zmenšení rozsahu disparity byl zjištěn účinek jak u prizmat svislých tak i vodorovných. I když prizmatický účinek byl menší ve vertikálním směru. Snížení rozsahu disparity bylo také potvrzeno při použití prizmat u figurálních podnětů stereogramu. Výsledky naznačují, že toto snížení disparity při správné centraci by mohlo mít praktický význam. Ve vzdálenosti menší než 1 m může

být manipulace s objekty méně účinná z důvodu nižšího rozsahu disparity. To znamená, že fyzikální oblast stereoskopického vidění je snížena. [24]

6. MKH

Metoda MKH (Mess und Korrektionsmethodik nach Hans – Joachym Haase), neboli měření a korekce podle Haase je metodika pro stanovení tzv. „úplné binokulární korekce“ a to včetně korekce HTF a FD. Souvislost a ideologický základ této metodiky je objasněn v kapitole 5.2.1. Následující text poskytuje informace o praktické aplikaci této metodiky, které jsou potřebné pro správné pochopení výše prezentované rešerše provedených studií. [20, 21]

6.1. Teorie

Bude zde uvedeno, jak tato metoda vznikla podle H. J. Haase. V průběhu tvorby metodiky docházelo k řadě diskuzí s rozporuplnými výsledky. Současná metodika MKH byla vytvořena společností IVBV (Mezinárodní sdružení pro binokulární plnou korekci), která vychází z původních Haaseho návrhů a je prezentována v této práci. MKH vyžaduje důsledné provedení těchto metodických pokynů, nicméně vzhledem k některým rozporům a výsledkům studií (viz kapitola 5) jsou v praxi často specificky modifikovány a upravovány dle zkušeností daného praktika. [20]

6.2. Požadavky a vybavení pro MKH

6.2.1. Zkušební místnost

Osvětlení zkušební místnosti by mělo být co nejvíce podobné dennímu světlu. Je-li použit mechanický Polatest, je možné provést jednoduchý experiment hrubého vyhodnocení světelných podmínek: Sledování testovaného pole optotypu s neredukovaným osvětlením po dobu dvou minut, pak následuje pohled na světlou plochu, která leží vedle testu. Pokud jsou vidět paobrazy zkušebního pole, osvětlení zkušební místnosti není dostatečně silné. V okolí testovacího pole vnímaného pacientem při lomu nesmí být žádné fúzní podněty ve formě objektů nebo struktur, které by mohly na sebe upozornit. Světelné zdroje musí být uspořádány tak, aby nevznikaly žádné odrazy, odlesky na zkušebním povrchu. Pozorovat testy může vyšetřovaný přímo nebo prostřednictvím povrchově postříbřeného zrcadla. Chcete-li zachovat vliv akomodace na minimum, měla by zkušební vzdálenost být alespoň 5 metrů, nejlépe ovšem 6 metrů. [20, 21]

6.2.2. Zkušební obruba

Zkušební obruba s analyzátory je zásadní pro provedení MKH. Analyzátory musí být dostatečně velké pro použití na dálku i blízko. Musí být možné nastavit výšku na obou stranách zkušební obruby samostatně. U měření asociačních fórií není doporučeno používání analyzátorů typu lornět. [20, 21]

Hlavní nevýhody phoropteru jsou: nepřírozené držení hlavy a těla, měna vizuálních bodů pohybem hlavy, podnět k psychické akomodaci. Žádná možnost neumožňuje pacientovi chodit se stanovenou korekcí a nelze adekvátně pozorovat výrazy obličeje pacienta. [20]

6.2.3. Zkušební čočky

Prizmatické zkušební čočky jsou vhodné pro efektivní výkon vyšetření v následujících krocích a počtu:

- do 1,0 pD (cm / m) v krocích po 0,25 pD
- nad 5,0 pD v krocích po 0,5 pD
- nad 10,0 pD v krocích po 1,0 pD

Tyto zkušební čočky by měly být k dispozici v párech v nejméně dvou základních nastaveních vzhledem k rukojeti. Všechny zkušební čočky musí mít kvalitní antireflexní vrstvu. Otočná prizmata nejsou vhodná pro jemné úpravy prizmatu, protože se musí v některých testech provádět po oddělených krocích. Kromě toho symetrické rozdělení prizmatického účinku není vždy možné. Pro korekci s přídavkem do blízka můžeme také nasadit bifokální brýle. Poskytují značné výhody především pro nezbytně rychlé srovnání testů na dálku a blízko. [20, 21]

6.2.4. Testy

Chcete-li provést MKH, musí být podmínky vidění co nejvíce stejné jako u přírodního světla. Základními předpoklady (požadavky) jsou:

- Odpovídající osvětlení a dostatečně velikost testovacího pole obrazu.
- Tmavé znaky testu s odpovídajícím kontrastem ve světlém okolí.
- Současné zobrazení testovaných komponentů pro obě oči.
- Kompletní odstranění testovaných částí přiřazených příslušnému druhému oku.
- Stejný jas a stejná barva zkušební značky stejná pro obě oči. [20, 21]

6.3. Postup při korekci

6.3.1. Anamnéza

Podstatné je zjištění parametrů aktuálně nošené korekce (dioptrická hodnota a centrace) a dále komplexní informovanost o všech existujících vizuálních problémech. Aby bylo možné posoudit spojení mezi popsány problémy a binokulárním viděním, měla by se věnovat zvláštní pozornost následujícímu: bolesti hlavy, nepříjemná citlivost na světlo, rychlé unavení při plnění náročných zrakových úkolů, potíže při změně směru pohledu nebo pracovní vzdálenosti, problémy s viděním do blízka, potíže u fixace, zrakový neklid, problémy při řízení auta hlavně za šera, potíže při odhadu vzdálenosti a rychlosti, příležitostná diplopie a problémy se čtením a psaním a to zejména u dětí, legasthenie (přeskakování, nebo poskakování řádků při čtení). [5, 20, 21]

6.3.2. Postup

Před započítím vlastní metody MKH je nutné stanovit monokulární korekci. Okluzor by měl být černý, protože transparentní nebo světlý okluzor nemusí vždy dostatečně vyloučit kryté oko z vizuálního procesu. To může vést k poškození rozpoznávací schopnosti (zejména u amblyopií). Nikdy neprovádíme jakékoliv binokulární vyvážení před MKH. [20]

Stanovení asociační forie má smysl, jestliže je zjištěna refrakční plná korekce. Pro vyšetření asociační forie do blízka se užívají jednotné testy konstruované na vzdálenost 40 cm. Pokud má vyšetřovaný jinou obvyklou pracovní vzdálenost, je v případě presbyopie nutné pro účely měření nejprve stanovit adici pro 40 cm a teprve až po provedení MKH je možné určit finální adici na požadovanou vzdálenost. Při měření do blízka se vždy vychází z korekce do dálky. [20]

6.4. Obecná pravidla

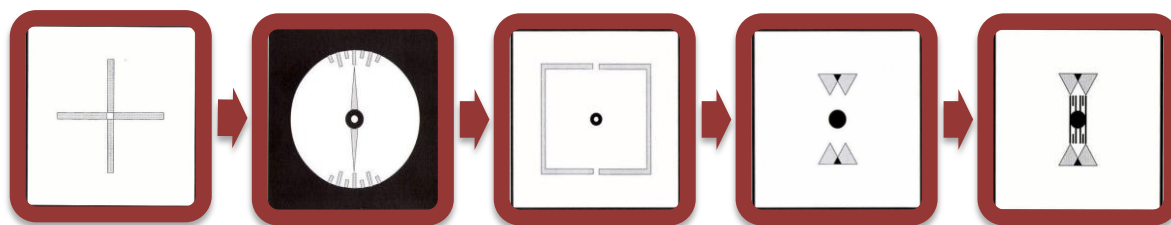
Prizmatická korekce může být změněna pouze tehdy, pokud se tím docílí správného vjemu právě pozorovaného testu, přičemž předkládáme nejslabší prizmata, kterými tohoto vjemu dosáhneme. Tyto prizmatické zkušební čočky by měly být pokud možno rovnoměrně rozděleny na obou očích. Vždy je třeba používat jen vertikální a horizontální orientaci báze, šikmým polohám bází se vyhýbáme. Může se použít maximálně 1 pD horizontálně a 2 pD vertikálně v jednom kroku. Ve výchozím stavu testování je přítomna na každém oku monokulární korekce, zakryté pravé oko a levé odkryté. [20, 21]

6.5. Testy

Specifické testy, užití při MKH, je nutné použít v metodikou daném pořadí. Nejprve se aplikuje test bez centrálního fúzního podnětu (křížový test označený jako K). Následují testy s centrálním fúzním podnětem (ručičkové testy Z a DZ a následně hákový test H). Následuje úprava prizmat na stereotestech (St, ST11...). Jako poslední je možné provést Cowenův test pro binokulární refrakční vyvážení. Nutné minimum testů je K, Z, H, St a V. Ostatní testy jsou doplňkové. Základní testy, jejichž pořadí přehledně prezentuje obr. 10, jsou podrobněji rozebrány dále v textu. Doplňkové testy a jejich detailní užití je možné dohledat např. v publikaci [5, 20, 21] zde budou pouze uvedeny. Mezi důležité doplňkové testy patří dvojitý ručičkový test [DZ], zjednodušený stereo test [ST11], rozlišovací stereo test (pět řádků) [D5], rozlišovací stereo test (šest řádků) [D6], Cowen test (červenozelený test) [Co]. Další testy jsou potom Random-dot hand test (náhodný bodový ruční/písmový) [RH], Random dot step test (náhodný bodový schodový/stupňový) [RS]. [5, 20, 21]

Musí být možné přepínat mezi dvěma režimy úpravy (normálním a inverzním), to znamená, že musí být možné zaměňovat vizuální dojmy pro pravé a levé oko. [20]

Obr. 11 – Řazení testů [5]



6.5.1. Společná pravidla pro testy K, Z, DZ a H

Při vyhodnocování testů K, Z, DZ a H se soustředíme na tyto tři parametry:

- 1. Současnost a úplnost (simultánní vidění):** U testování je pokládána otázka, zda jsou zkušební části přiřazené jednotlivým očím vnímány současně a úplně.
- 2. Intenzita černé (stejný kontrast):** Pacient je tázán, zda testované části přiřazené jednotlivým očím jsou neustále vidět ve stejném odstínu černé.

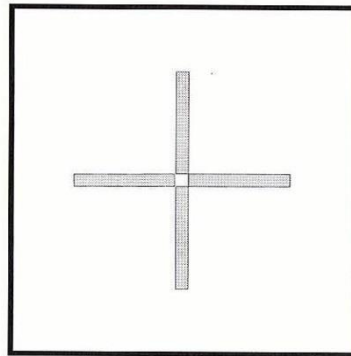
3. Pozice (symetrie a obrazová stálost): Pro kontrolu se pacienta ptáme, jakou polohu zaujímají tyto zkušební části vůči sobě navzájem, tím zjistíme směrovou hodnotu.

Pokud není dosaženo úplného vyrovnání vnímání, musí být usilováno o nejlepší možné vyrovnání tedy symetrii. [20]

Křížový test [K]

Tento test se používá jako první v pořadí. Vyšetřování je začínáno polarizovaným testem. Není u něj přítomen centrální fúzní podnět, je přítomen jen podnět periferní. Slouží k vyšetření přítomnosti BV, plné korekci motorických odchylek (HTF) a k detekování FDI. [5,21]

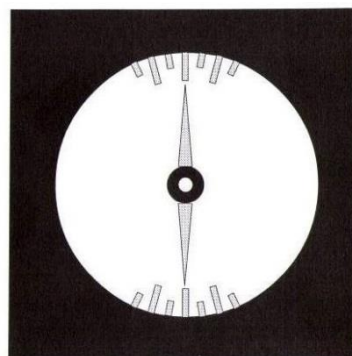
Obr. 12 – Křížový test [5]



Ručičkový test [Z]

Jako další je prováděn ručičkový test. Jsou zachovány centrální fúzní podměty, tomu pomáhá i kruhové černé orámování testu. Tímto testem se vyšetřují kompenzované horizontální odchylky a to FDI i FDII, ale také cykloforie. [5,21]

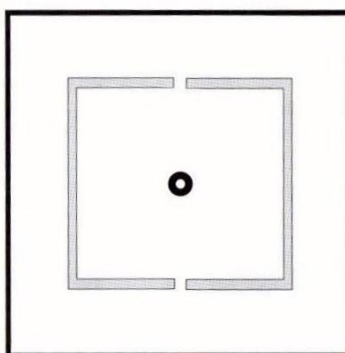
Obr. 13 – Ručičkový test [5]



Obdélníkový (hákový) test [H]

Následuje hákový test, u kterého se rozlišuje typ vertikální (HV) a typ horizontální (HH). Fúzní podmět na tomto testu je centrální. Zjišťuje přítomnost sensoricky kompenzovaných vertikálních odchylek FDI, FDII. Také lze tímto testem zjistit anizeikonie a to díky různé velikosti háků. [5,21]

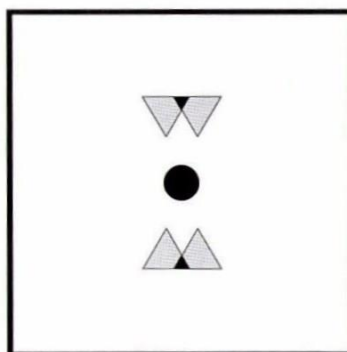
Obr. 14 – Obdélníkový test [5]



Stereotest [St]

U trojúhelníkového stereotestu vyšetřovaná osoba pozoruje nepolarizovaný test. Uprostřed je kulatý černý terč s jedním trojúhelníčkem nad a druhým pod ním. Trojúhelníčky směřují svými hroty do středu terče. [5]

Obr. 15 – Trojúhelníkový stereotest [5]



Stereotesty se používají pro dokorekci HTF, FDI, FDII. Pro lepší pochopení jsou důležité následující pojmy: Stereo-zpoždění je souhrnný název pro spontánní zpoždění a dodatečné (sekundární) zpoždění. Spontánní zpoždění je časový rozdíl mezi změnou typu prezentace a správným určením pozice stereo-objektu před nebo za referenčním

(fixačním) objektem. Sekundární zpoždění je časový rozdíl mezi prvním správným určením stereo objektu před nebo za fixačním objektem a vnímáním konečné, větší stereoskopické hloubky ostrosti. Pozice stereo-objektu před a za referenční rovinou se mění změnou orientace polarizace polarizačních předsádek. [20]

Účel testu je oprava druhého podtypu FD II. Při testování se zjišťuje, zda je přítomno prostorové vidění na tomto testu, zda poloha trojúhelníků (před nebo za fixačním bodem) odpovídá orientaci polarizačních předsádek a zda je dosaženo správné stereoskopické hloubky. Dále se zjišťuje přítomnost a velikost spontánního a sekundárního zpoždění. [20]

Pokyny pro vysvětlení a použití testu

Necháme vyšetřovaného popsat zrakový vjem, případně jej navedeme tak, aby určil vzájemnou předozadní pozici centrální tečky a trojúhelníků nad tečkou. [20]

Následně prezentujeme stereotest ve dvou odlišných pozicích polarizačních předsádek, kdy by měl vjem trojúhelníků být střídavě před a za tečkou a kontrolujeme stereo-zpoždění. Je lépe zpoždění určit opakovaně. Pokud zpoždění jsou vnímána, platí následující pravidla pro korekci:

1. Pokud jsou prizmata vložena již v předchozím průběhu MKH ve zkušebním rámu, pak při pozorování zpoždění nejprve bude zesílena po krocích prizmatická korekce v doposud nalezeném uspořádání polohy báze.

2. Pokud nejsou přítomny ve zkušebním rámu v průběhu procesu finální MKH žádná prizmata, pak budou použita nejdříve následující pravidla: [20]

Tab. 4 – Určení polohy báze prizmatu pro dokorigování na stereotestu

<i>Vnímání na stereotestu</i>	<i>Poloha báze</i>
Větší spontánní zpoždění v normální prezentaci	DOVNITŘ
Větší spontánní zpoždění v obrácené prezentaci	VEN
Stejné spontánní zpoždění u obou typů prezentace	NAHORU NEBO DOLŮ

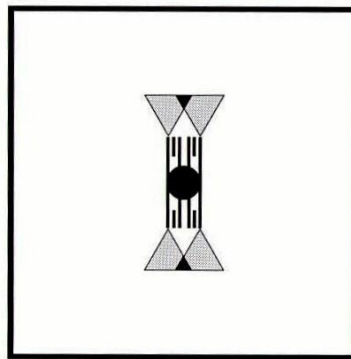
Tato pravidla oprav platí pouze v případě, že pacient se dívá na fixační bod. Jeho pozornost je třeba neustále upozornit na tento požadavek. Pokud se nezlepší stereoskopický vjem, tedy nedojde k žádnému snížení zpoždění, je možné předběžně otestovat prizmata v dosud nepoužité pozici báze. Pokud je přítomno v obou typech prezentace zpoždění, ale je jasně odlišné, horizontální část asociační forie je třeba opravit dříve.

Doporučená velikost změny korekce v rámci jednoho kroku je 0,25 nebo 0,5 pD, obvykle však 1 pD. Prizmatická změna by měla být začleněna do korekce pouze v případě trvalého zlepšeného vnímání (sníženého zpoždění). Subjektivní zlepšení vjemu stereoskopické hloubky není primárně podstatné pro úpravu prizmatu. Pokud se však stereoskopická hloubka ostrosti po dalších krocích korekce na následujících testech zlepší, potvrzuje to jejich správnost. Dojde-li k okamžitému vylepšení, je možno dlouhodobé nošení plné korekce. [20]

Stereo-valenční (zbytkový) test [V]

Po stereotestu pokračujeme dále testem stereovalenčním (neboli testem stereoskopického vyvážení). Teprve na tomto testu se můžeme dozvědět s větší určitostí, jestli již bylo dosaženo plné korekce. Je používán ke zjištění přítomnosti stereopse a dokorekce HTF, FDI, FDII. [5, 21]

Obr. 16 – Stereovalenční test [5]



U tohoto testu je pro lepší pochopení důležité vysvětlit následující pojmy:

- **Valence:** Vztah mezi oběma očima ve stereoskopickém směrovém vnímání.
- **Prevalence:** Dominance jednoho oka ve stereoskopickém směrovém vnímání.
- **Ekvivalence:** Rovnost obou očí ve stereoskopickém směrovém vnímání.

Slouží k opravě podtypu FD II., kontroly stereoskopické bilance upřesněním, zda stereo objekty (trojúhelníčky) jsou vnímány v prostorově správné vodorovné poloze vzhledem k fixačnímu objektu při obou pozicích polarizačních předsádek. Pro lepší rozlišení pozice je centrální tečka doplněna stupnicí.

V případě, že jsou trojúhelníčky vnímány v základní pozici předsádek vlevo (vpravo), upravíme prizmatickou korekci tak, aby směřovala báze prizmatu nasálně (temporálně). [20, 21]

6.6. Vyhodnocení

Při vyhodnocení korekce do dálky je důležité, zda byly všechny testy v požadovaném postavení, a jestli byl u všech testů stejný kontrast pravého i levého oka. Hodnotí se, zda úprava prizmat na stereotestech je vyhovující, tj. následně se překontrolují předchozí testy. Jsou-li všechny ve správné pozici, ponechá se určená prizmatická korekce. Pokud není křížový test v pořádku (je překorigovaný), ale ostatní ano, jedná se utvrzenou FDII a tolerance prizmat bude zhoršena. Poslední možnost je, že jsou všechny testy překorigované, u tohoto typu jede o dlouhodobé působení FDII a korekce s největší pravděpodobností nebude tolerována. [20, 21]

7. ZÁVĚR

Vzájemná souvislost heteroforie a stereopse má značné klinické využití, jak bylo v textu práce prezentováno. Pro správné pochopení všech souvislostí byly nejprve objasněny související pojmy z oblasti binokulárního vidění a popsán vlastní pojem stereopse v kontextu obecného vnímání prostoru. Byl definován stereoskopický práh jako její měřitelný číselný parametr. Jeho hodnoty se s věkem mění a mohou být též zhoršeny přítomností heteroforií, jejichž popisu, klasifikaci a hodnocení je věnována další část práce. Klasický anglosaský přístup v korekci heteroforií předpokládá, že významně ovlivňují stereopsi pouze v případě dekompenzace, tj. v situaci, která vyvolává potíže a kterou je tedy nutno řešit (např. pomocí prizmatické korekce). Velikost stereoskopického práhu uvažuje pouze jako jeden z ukazatelů této dekompenzace. Naopak zejména německá metoda MKH využívá předpokladu, že podle určitých pravidel lze pomocí výbavnosti stereoskopického vjemu přímo upravovat prizmatickou korekci. Provedená rešerše dostupných studií [22-24] zjistila, že v průměru jsou u jednotlivých typů heteroforie vykazovány typické změny v předozadní asymetrii prevalence stereoskopického vjemu. Ty by tedy bylo možné využít k detekci nedokorigované části odchylky, jak předpokládá MKH, nicméně uvedené platí pouze ve statistickém průměru. U konkrétního jedince tato úprava nemusí být vždy vhodná a žádoucí. Vliv prizmatické korekce dle MKH na zlepšení stereoskopické ostrosti pomocí úprav prizmat na stereotestech nebyl prokázán. Naopak ale bylo prokázáno zhoršení stereoskopického vnímání hloubky vlivem decentrace brýlových čoček a tím navození nežádoucího prizmatického účinku. V závěru práce je popsána vlastní metodika MKH. Věřím, že moje práce pomůže k pochopení a objasnění dané problematiky. V budoucnu by pak bylo vhodné toto téma rozšířit o praktické výsledky.

SEZNAM LITERATURY

- [1] AUTRATA, R., ČERNÁ, J. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006. ISBN 80 – 7013 – 362 – 7
- [2] KVAPILÍKOVÁ, K. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1995. ISBN 80 – 7013 – 195 – 0
- [3] PLUHÁČEK, F. *Normální binokulární vidění - výukové materiály k předmětu Binokulární vidění*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013
- [4] CROSVENOR, T. *Primary Care Optometry*. St Louis: Butterworth Heinemann Elsevier, 5. vydání, 2007. ISBN 13: 978 – 0 – 7506 – 7575 – 8, ISBN 10: 0 – 7506 – 7575 – 6
- [5] RUTRLE, M. *Binokulární korekce na polatestu*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000. ISBN 80 – 7013 – 302 – 3
- [6] SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š. *Fizologie oka a vidění*. Praha: Grada 2.vydání, 2014. ISBN 978 – 247 – 3992 – 2
- [7] ROZSÍVAL, P. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006. ISBN 80 – 7262 – 404 – 0, ISBN 80 – 246 – 1213 – 5
- [8] TUNNACLIFFE, A. H. *Introduction to visual optics*. Kent : ABDO College, 2004. ISBN 0 – 9009 – 928 – 3
- [9] ROSENDIELD, M., LOGAN, N. *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St Louis, Sydney, Toronto: Butterworth Heinemann Elsevier, 2009 ISBN 978 – 0 – 7506 – 8778 – 2
- [10] EVANS, B. J. W., DOSHI S. *Binocular Vision & Orthoptics*. Oxford, Auckland, Boston, Johannesburg, Melbourne, New Dehli: Butterworth Heinemann Optician, 1. vydání, 2001. ISBN 0 – 7506 – 4713– 2
- [11] PLUHÁČEK, F. *Poruchy BV a akomodace - výukové materiály k předmětu Binokulární vidění*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013
- [12] PLUHÁČEK, F. *Vyšetřovací postupy BV a akomodace - výukové materiály k předmětu Korekce zraku II*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013

- [13] ELLIOTT, D. B. *Clinical Procedures in PRIMARY EYE CARE*. Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St Louis, Sydney, Toronto: Butterworth Heinemann Elsevier, 3. vydání, 2007. ISBN 978 – 0 – 7506 – 8896 – 3
- [14] PLUHÁČEK, F. *Analýza a řešení vergenčních poruch - výukové materiály k předmětu Korekce zraku II*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013
- [15] Katedra optiky, *Optometrie Katedra optiky* [online] © 2008. Dostupné z: http://www.optometry.cz/obsah/materialy/prizmaticke_listy.pdf
- [16] SCHEIMAN, M., WICK, B. *Clinical management of BINOCULAR VISION*. Philadelphia, Baltimore, London, New York, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo: Wolters Kluwer, 2008. ISBN 13: 978 – 0 – 7817 – 7784 – 1, ISBN 10: 0 – 7817 – 7784 – 4
- [17] BiB oftalmologické přístroje, *Bib oftalmologické přístroje* [online] © 2015. Dostupné z: <http://www.bibonline.co.uk/products/mallet-vision-unit-visors>
- [18] Optician, *optician* [online] © 2015. Dostupné z: <http://www.opticianonline.net/binocular-vision-the-mallett-fixation-disparity-test/>
- [19] STIDWILL, D., FLETCHER, R. *Normal Binocular Vision*. Oxford, Malden: Blackwell Publishing Ltd, 1. vydání, 2011. ISBN 978 – 1 – 4051 – 9250 – 7
- [20] HAASE, H.J. *MKH*. Internationale Vereinigung für Binokulare Vollkorrektion. IVBV 03/00
- [21] PLUHÁČEK, F. *MKH- výukové materiály k předmětu Korekce zraku II*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013
- [22] SCHROTH, V., JASCHINSKI, W. *Bessern Prismen nach H.-J. Haase die Stereosahschärfe?* 219: 422 – 428, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York: Klin Monatsbl Augenheilkd, 2002. ISSN 0023 – 2165
- [23] SCHROTH, V., JASCHINSKI, W. *Assoziierte Heterophorie und Vorn – hinten-Asymmetrie der Prävalenz eines Auges*. 223: 32 – 39, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York: Klin Monatsbl Augenheilkd, 2006. ISSN 0023 – 2165
- [24] JIMÉNEZ, J. R. *Changes in Stereoscopic Depth Perception Caused by Decentration of Spectacle Lenses*, *Optometry and vision science* -Copyright © 2000 American Academy of Optometry, 1040-5488/100/7708-0421/0 VOL. 77, NO. 8, PP. 421–427