

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ A JEHO ANALÝZA

Bakalářská práce

VYPRACOVAL:

Peter Essig

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2015/2016

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. František Pluháček Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci jsem vypracoval zcela samostatně, pouze za pomoci uvedené literatury, pod vedením RNDr. Františka Pluháčka Ph.D.

V Olomouci dne

Peter Essig

.....

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval každému, kdo mi byl nápomocen při psaní této bakalářské práce, především bych chtěl poděkovat RNDr. Františku Pluháčkovi Ph.D., který je vedoucím této práce a který mi vždy poskytl svůj volný čas, příjemnou spolupráci a cenné rady, které mi byly velmi přínosné v průběhu psaní práce. Tato práce byla vytvořena za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2016_015.

| | |
|---|-----------|
| Prolog..... | 7 |
| 1. Úvod do jednoduchého binokulárního vidění..... | 8 |
| 1.1. Klasifikace vergenčních poruch..... | 8 |
| 1.2. Kompenzace heteroforie..... | 9 |
| 2. Vyšetření binokulárních funkcí..... | 11 |
| 2.1. AC/A poměr..... | 11 |
| 2.2. Fixační disparita..... | 11 |
| 2.2.1. Testy fixační disparity..... | 12 |
| 2.3. Vyšetření vergence..... | 14 |
| 2.3.1. Testy pro stanovení objektivní odchylky..... | 14 |
| 2.3.2. Testy pro stanovení subjektivní odchylky..... | 15 |
| 2.3.3. Blízký bod konvergence..... | 16 |
| 2.3.4. Fúzní rezervy..... | 16 |
| 2.3.5. Vergenční facilita..... | 17 |
| 2.4. Vyšetření akomodace..... | 17 |
| 2.4.1. Amplituda akomodace..... | 17 |
| 2.4.2. Akomodační facilita..... | 18 |
| 2.4.3. Relativní akomodace..... | 29 |
| 2.4.4. Akomodační odezva..... | 20 |
| 3. Analýzy binokulárního vidění..... | 21 |
| 3.1. Grafická analýza..... | 21 |
| 3.1.1. Zásady konstrukce grafu..... | 22 |
| 3.1.2. Interpretace grafu..... | 23 |
| 3.1.3. Výhody grafické analýzy..... | 24 |
| 3.1.4. Nevýhody grafické analýzy..... | 25 |
| 3.2. Analytická analýza..... | 25 |
| 3.2.1. Výhody analytického systému analýzy..... | 26 |
| 3.2.2. Nevýhody analytického systému analýzy..... | 26 |
| 3.3. Morganův systém analýzy..... | 27 |
| 3.3.1. Výhody Morganova systému analýzy..... | 29 |
| 3.3.2. Nevýhody Morganova systému analýzy..... | 29 |
| 3.4. Analýza fixační disparity..... | 30 |
| 3.4.1. Typ křivky..... | 30 |
| 3.4.2. Centrum symetrie..... | 31 |
| 3.4.3. Interpretace průsečíků s osou X a Y..... | 31 |
| 3.4.4. Sklon křivky..... | 31 |
| 3.4.5. Výhody systému analýzy fixační disparity..... | 33 |
| 3.4.6. Nevýhody systému analýzy fixační disparity..... | 33 |
| 4. Integrativní přístup k analýze binokulárního vidění..... | 34 |
| 4.1. Rozdělení veličin do specifických skupin..... | 34 |
| 4.2. Analýza specifických skupin..... | 36 |
| 4.2.1. Skupina testů pozitivní fúzní vergence..... | 36 |
| 4.2.1.1. Pozitivní fúzní vergence..... | 36 |
| 4.2.1.2. Testování vergenční facility..... | 36 |
| 4.2.1.3. Negativní relativní akomodace..... | 37 |
| 4.2.1.4. Binokulární akomodační facilita s použitím spojných čoček..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 4.2.1.5. Blízky bod konvergence..... | 38 |
| 4.2.1.6. Akomodační odezva metodou monokulárního odhadu a metodou zkřížených cylindrů..... | 38 |
| 4.2.1.7. Shrnutí..... | 38 |
| 4.2.2. Skupina testů negativní fúzní vergence..... | 38 |
| 4.2.2.1. Negativní fúzní vergence..... | 39 |
| 4.2.2.2. Testování vergenční facility..... | 39 |
| 4.2.2.3. Pozitivní relativní akomodace..... | 39 |
| 4.2.2.4. Binokulární akomodační facilitata s použitím rozptylných čoček..... | 40 |
| 4.2.2.5. Akomodační odezva metodou monokulárního odhadu a metodou zkřížených cylindrů..... | 40 |
| 4.2.2.6. Shrnutí..... | 40 |
| 4.2.3. Skupina testů akomodačního systému..... | 40 |
| 4.2.3.1. Amplituda akomodace..... | 41 |
| 4.2.3.2. Monokulární akomodační facilitata s použitím spojných a rozptylných čoček..... | 41 |
| 4.2.3.3. Akomodační odezva | 42 |
| 4.2.3.4. Binokulární akomodační facilitata..... | 42 |
| 4.2.3.5. Shrnutí..... | 42 |
| 4.2.4. Skupina testů vertikální fúzní vergence..... | 42 |
| 4.2.4.1. Supravergence a infravergence..... | 42 |
| 4.2.5. Skupina testů okulomotorického systému..... | 43 |
| 4.2.5.1. Status fixace..... | 43 |
| 4.2.5.2. Schopnost sakadických pohybů..... | 43 |
| 4.3. Použití tohoto systému analýzy a určení odchylky..... | 43 |
| Závěr..... | 48 |
| Seznam použité literatury..... | 49 |

Prolog

Vyšetřování a analýza binokulárního vidění představuje důležitou složku ve vyšetření zrakových funkcí. Binokulární vidění je možné hodnotit z různých pohledů, odvíjejících se od toho, co všechno je do dané analýzy zahrnuto. Některé přístupy hodnotí pouze akomodačně-vergenční systém čistě z motorického hlediska (například grafická analýza), některé metody částečně zahrnují i sensorický systém, včetně analýzy fixační disparity. Komplexnější přístupy zahrnují nejen akomodaci a vergenci, ale hledají problém i v jiných oblastech, například v okulomotorickém systému oka, nebo anizeikonii. Nejpropracovanějším přístupem je integrativní analýza, která zahrnuje všechny aspekty binokulárního vidění, zároveň prostupuje všemi analýzami v textu popsanými a eliminuje jejich nevýhody.

Tato oblast vyšetřování binokulárního vidění není v české literatuře komplexně zpracována. Kromě zájmu o oblast binokulárního vidění, bylo mojí motivací vytvořit text, který by souhrnně popisoval různé přístupy k analýze binokulárního vidění a zahrnoval potřebné testy, díky kterým lze právě binokulární status hodnotit. Cílem této práce je provést přehled neznámějších systémů pro analýzu binokulárního vidění, přičemž těžištěm práce bude podrobný popis integrativní analýzy. Tato práce byla systematicky rozdělena do čtyř hlavních kapitol, kdy je v úvodu představeno jednoduché binokulární vidění jako zraková funkce, v následující kapitole jsou popsány jednotlivé veličiny a jejich testy, které jsou nezbytné pro analýzu binokulárního vidění, rozpracované v následujících kapitolách. Třetí kapitola se věnuje obecným analýzám binokulárního vidění a poslední kapitola se zabývá již výše zmíněnou integrativní analýzou.

1. Úvod do jednoduchého binokulárního vidění

Jednoduché binokulární vidění (*JBV*) je koordinovaná senzomotorická činnost obou očí, díky které dochází k vytvoření jednoduchého obrazu pozorovaného předmětu. Jinými slovy jde o schopnost vytvořit jednoduchý prostorový vjem při pozorování cíle oběma očima. Funkce *JBV* není vrozená, ale vyvíjí se u každého jedince od narození přibližně do šesti let života. Společně s tímto vývojem se vyvíjí sítnice a zvláště pak centrální část nazývaná žlutá skvrna (*Macula lutea*).

Složky *JBV* lze rozdělit na složky motorické a sensorické. Do sensorických složek řadíme normální vidění obou očí, přibližně stejné sítnicové obrazy pravého a levého oka, normální retinální korespondenci, schopnost fúze a normální funkci zrakových drah a center.

Do složky motorických funkcí řadíme paralelní osy fixace obou očí při pohledu do dálky, volnou a plynulou pohyblivost očí ve všech směrech stejnou, koordinace akomodace a konvergence a normální funkci motorických drah a center.

Pokud se v tomto systému vyskytne nějaká chyba, pak dochází k poruchám binokulárního vidění, nejčastěji k šilhání. Šilhání lze rozdělit na manifestní a latentní, kdy tento skrytý strabismus neboli heteroforii (*HTF*), kterou se bude zabývat následující text, lze dělit dle příslušných *AC/A* poměrů. *AC/A* poměr bude dále rozebírán ve druhé kapitole. [1]

1.1. Klasifikace vergenčních poruch

Puchy lze rozdělit dle příslušných *AC/A* poměrů jak je níže uvedeno v tabulkách 1a-1c. Z klinického hlediska je důležité členění heteroforií na kompenzovanou a dekompenzovanou, viz následující text. *HTF* lze dělit dle směru odchylky na esoforie (úchylka dovnitř/nazálně) a exoforie (úchylka ven/temporálně). Mezi eso odchylky řadíme insuficienci divergence, klasický typ esoforie a exces konvergence. Naopak mezi exo odchylky řadíme insuficienci konvergence, klasický typ exoforie a exces divergence. Mezi další poruchy patří dysfunkce fúzní vergence a vertikální forie. [2]

| nízký AC/A poměr |
|--------------------------|
| insuficience konvergence |
| insuficience divergence |

Tab. 1a Poruchy při nízkém AC/A poměru [3]

| normální AC/A poměr |
|-----------------------|
| ortoforie |
| klasický typ exoforie |
| klasický typ esoforie |

Tab. 1b Poruchy při normálním AC/A poměru [3]

| vysoký AC/A poměr |
|-------------------|
| exces konvergence |
| exces divergence |

Tab. 1c Poruchy při vysokém AC/A poměru [3]

1.2. Kompenzace heteroforie

Kompenzovaná heteroforie je stav, kdy je oko schopno skrze vergenční systém, respektive fúzní vergenci zcela kompenzovat situaci, tudíž není třeba žádného zásahu. Na druhé straně, tedy u dekompenzované heteroforie, kde vergenční systém již nestačí ke kompenzaci, se vyskytují symptomy jako například neodpovídající fúzní rezervy, nebo fixační disparita. Tyto veličiny budou rozebírány v následující kapitole. Dekompenzovanou heteroforii je tedy třeba vhodným způsobem kompenzovat. Pro kompenzování *HTF* se obecně udávají dva důvody. Prvním je řešení symptomů, které se vyskytují hlavně u dekompenzované heteroforie, druhým důvodem je potom zabránění manifestnímu strabismu, ve který se může nekorigovaná *HTF* změnit.

Tuto latentní odchylku lze kompenzovat několika metodami. Volba metody závisí na typu vady, tudíž jestli se jedná o exoforii nebo esoforii, dále pak na hodnotě AC/A poměru.

V první řadě je nutná kontrola refrakce, jelikož je možné, že heteroforii způsobila chyba v refrakci, a tudíž po správném stanovení této veličiny problémy pravděpodobně zmizí

a není třeba dalšího zásahu. Přetrvává-li problém nadále, je třeba přistoupit k níže uvedeným možnostem. [2]

1. Zrakový trénink

Zrakový trénink je vhodnější pro dekompenzovanou *HTF* s vyšším *AC/A* poměrem, kdy lepších výsledků dosahujeme při exoforii. Flom ve své práci z roku 1960 dokonce pozoruje pokles v hodnotě *AC/A* poměru v době tréninku, ačkoliv se stav *AC/A* poměru vrátí do původního stavu v časovém horizontu jednoho roku. Mezi nejznámější tréninkové metody patří brock-string, nebo hart chart, kdy má každá svá specifika a způsoby použití. Pro úspěšnost je samozřejmě nejdůležitější pacientova motivace ke cvičení, jelikož s nepravidelným cvičením se úspěch nedostaví. [2]

2. Aplikace prizmat

Jedná se v podstatě o optický klín, který lomí paprsek směrem k bázi a až takto posunutý paprsek vstupuje do oka, čímž je korigována heteroforie. Tato metoda je úspěšná pro řešení vertikálních forií a většinou pro horizontální forie, když selhávají zbylé dva způsoby, nesnášenlivost antikorekce a zanedbávání cvičení u zrakových tréninků. Hodnota prizmatické dioptrie je stanovována pomocí Malettovy jednotky, díky které zjistíme hodnotu asociační forie, což je minimální hodnota prizmatické dioptrie k úplné kompenzaci fixační disparity, která nastane u dekompenzované *HTF*. Stanovení prizmatické hodnoty lze také podle Sheardova nebo Percivalova kritéria. Jediný důvod selhání tohoto přístupu je prizmatická adaptace pacienta. Tento jev nastává i u pacientů s normálním *JBV*. Pacientovi je vykorigována *HTF* pomocí prizmat, ovšem přibližně po pěti minutách se binokulární systém adaptuje na korekci a po překontrolování stavu bude hodnota *HTF* stejné hodnoty.

3. Kompenzace pomocí sférických čoček

Využívá se vztahu mezi akomodací a konvergencí (akomodace navozuje konvergenci). V tomto případě lze říci, že při korekci esoforie lze použít spojné čočky, které uvolní akomodaci, tudíž uvolní konvergenci a tímto způsobem je esoforie korigována. Naopak je tomu u exoforie, kdy předřadíme rozptylné čočky, které akomodaci a tudíž i konvergenci navodí. Pokud se jedná o případ se spojnými čočkami, mluvíme o addici, v druhém případě o antikorekci, která je spíše brána jako dočasné řešení situace. I tato metoda má ale své limity, kterými jsou adekvátní pacientova amplituda akomodace a vysoký *AC/A* poměr. Dále tuto metodu nelze použít, pokud pacientova esoforie vykazuje symptomy na dálku, jelikož při absenci latentní hypermetropie je dán pacientův limit tolerance k plusovým čočkám, než u něj dojde k rozmazání obrazu. [2]

2. Vyšetření binokulárních funkcí

Do této kapitoly je zařazen přehled základních vyšetření akomodačního a vergenčního systému, nutný pro analýzy binokulárního vidění. Jedná se o měření AC/A poměru, fixační disparity,vergence a akomodace.

2.1 AC/A poměr

AC/A poměrem (poměrem akomodační konvergence k akomodaci) měříme pacientovu změnu v akomodační konvergenci, která nastane při změně akomodace dané hodnoty. Jedná se o velmi důležitou veličinu při stanovování způsobu korekce heteroforie. Obdobně konvergence může navodit akomodaci - odpovídající poměr, klinicky méně podstatný, se značí jako CA/C. Ke stanovení AC/A poměru lze dojít dvojím způsobem. První způsob je výpočet, který dává ve výsledku kalkulovaný AC/A poměr. Tento vzorec lze dohledat v literatuře uvedené v závěru práce. [3]

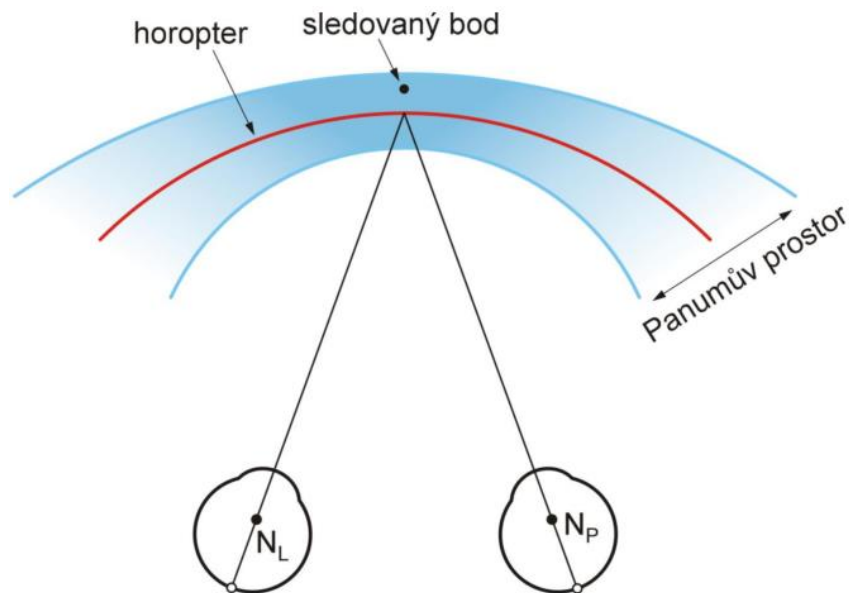
Druhým způsobem je tzv. stanovení gradientního AC/A poměru. Ten lze stanovit při měření horizontální forie do blízka např. pomocí Maddoxova cylindru a Thoringtonova testu, kdy jsou navíc před obě oči předsazeny čočky hodnot $-1D$. Pacient má rozhodnout o kolik dílků se vertikální světelná linie posunula oproti stavu bez čoček. Například má-li pacient do blízka esoforii hodnoty 2Δ a po předložení čoček $-1D$ esoforii 7Δ pak je jeho gradientní AC/A poměr 5:1. Jelikož je brána v úvahu tzv. prodleva akomodace, kdy pacient akomoduje méně na danou vzdálenost než by měl (obvykle $+0,25D$ až $+0,75D$), pak je zřejmé že u jednoho a toho samého pacienta může být gradientní AC/A poměr nižší než kalkulovaný. Obvyklé hodnoty AC/A poměru jsou 4:1, kde je tolerována standardní odchylka ± 2 . [3]

2.2. Fixační disparita (FD)

Fixační disparita je malá odchylka zrakových os obou očí, kdy se pohledové osy protnou před, za, nad, nebo pod sledovaným bodem (obr. 1). Rozděluje se na horizontální a vertikální FD. Tato odchylka ale probíhá stále v rámci Panumova prostoru (v řádu několika úhlových minut), tudíž nenarušuje binokulární vidění. [2]

Lze ji vysvětlit na základě chybového modelu, kdy je uvažována za drobnou chybu ve vergenčním systému nebo na základě stresového modelu, který vypovídá o dekompenzované *HTF*, neboli stresu ve vergenčním systému.

Pokud $FD = 0$, pak je tedy *HTF* kompenzovaná. Pokud je *HTF* dekompenzovaná, pak $FD \neq 0$. [4]



Obr. 1 Fixační disparita [4]

2.2.1. Testy fixační disparity

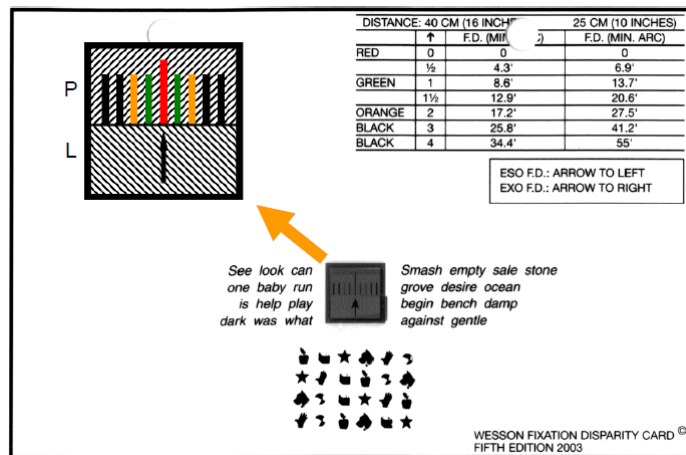
Existuje několik klinických metod a pomůcek, kterými lze tento jev hodnotit. Mezi standardní postupy patří využití Malettovy jednotky, Wessonovy karty (Wesson card), Saladinovy karty (Saladin near point card) nebo disparometru, popřípadě analogických testů. [2]

Obecná konstrukce testu musí obsahovat znaky viděné jen pravým a jen levým okem (nejčastěji se jedná o dvě úsečky, umístěné naproti sobě), dále znak viděný oběma očima (tzv. fúzní podnět). Pro větší stabilitu výsledků se používá centrální i periferní fúzní podnět. Fixační disparita se pak projeví vzájemným posunem obou úseček. [4]

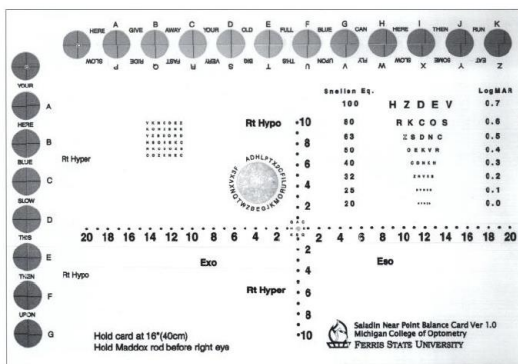
U Malletovy jednotky je fúzní podnět centrální a umožňuje pouze detekci *FD*. Na druhé straně Wessonova karta obsahuje stupnici, na které je možné přímo odečíst hodnotu *FD*, ovšem má jen periferní fúzní podněty. Saladinova karta nabízí vyšetřovanému sadu

testů se vzájemně posunutými úsečkami. Hodnota testu, ve kterém se úsečky nejeví jako vzájemně posunuté, určí velikost *FD*. Každé z dvojic je přiřazena jejich hodnota *FD*. Minimální prizmatická hodnota, která je potřebná k vykorigování *FD*, se nazývá asociační forie (*AF*) [2].

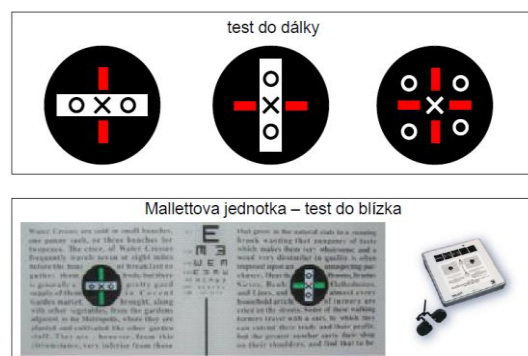
Při užití Malletova testu (nebo testu ekvivalentního, tj. s centrálním fúzním podnětem) jsou za normální považovány hodnoty *AF* menší než 1pD u pacientů do 40 let a *AF* menší než 2pD u pacientů nad 40 let. Pokud jsou tyto normy překročeny, lze fixační disparitu považovat za následek dekompenzované heteroforie. [5]



Obr. 2 Wessonova karta [4]



Obr. 3 Saladinova karta [4]



Obr. 4 Mallettova jednotka do blízka a Mallettův test do dálky [4]

2.3. Vyšetření vergence

Vyšetření vergence je rozdělováno na stanovení subjektivní a objektivní odchylky, určení blízkého bodu konvergence (*NPC*), stanovení fúzních rezerv a zhodnocení vergenční facility (schopnosti) pacienta. [2]

2.3.1. Testy pro stanovení objektivní odchylky

Mezi testy pro vyšetření objektivní hodnoty odchylky (heteroforie/heterotropie), patří zakrývací testy, které se dělí na intermitentní a alternující. Při všech testech pacient sleduje optotypový znak odpovídající vízu horšího oka.

Intermitentní zakrývací test slouží k odhalení zjevného (manifestního) strabismu. Při tomto vyšetření zakrýváme a odkrýváme jedno oko. Sledujeme pohyb druhého, nezakrytého oka. Je-li zaznamenán pohyb právě nezakrytého oka, pak se jedná o tropii. Naopak, není-li žádný pohyb při testování u pacienta zpozorován, tropie se zde nevyskytuje.

Při alternujícím testu se projeví jak heteroforie, tak heterotropie. Pokud se předem, intermitentním testem, vyloučí heterotropie, je možné následně alternujícím testem stanovit heteroforii, jejíž normální hodnoty jsou v tabulce 2.

Při tomto testu zakrýváme střídavě pravé a levé oko a sledujeme pohyb odkrývaného oka po zrušení disociace očí, při které se heteroforie projeví. Zaznamenáme-li pohyb odkrývaného oka ven, pak se jedná o esofozii, naopak refixační pohyb dovnitř poukazuje na exofozii. Při absenci pohybu se jedná o velmi malou hodnotu heteroforie, nebo odchylka u daného pacienta neexistuje.

Alternující test má i svoji subjektivní formu. Ta probíhá stejně jako objektivní, jen je doplněna o dotazy na pacienta, kam fixovaný znak optotypu uskočí při změně pozice zakrývacího terčíku. Tato forma má význam, když vyšetřovaný nezaznamená refixační pohyb po zrušení disociace, a tudíž slouží k detekci malých odchylek. [2]

Ve výsledku mohou nastat tři možnosti:

- značka neuskočí, tj. není přítomna *HTF*
- značka uskočí ve směru pohybu okluzoru (exofozie)
- značka uskočí proti směru pohybu okluzoru (esofozie) [4]

| normální hodnoty | 6m | 40cm | vertikálně |
|------------------------|---------------|---------------|------------|
| rozsah <i>HTF</i> / pD | 2 eso - 4 exo | 0 eso - 6 exo | do 0,5 |

Tab. 2 Normální hodnoty objektivních odchylek [4]

2.3.2. Testy pro stanovení subjektivní odchylky

Při testech je nutné oddělit vjem levého a pravého oka a ze vzájemného subjektivně vnímaného posunu takto oddělených vjemů pak lze vyhodnotit směr a velikost heteroforie. Obvykle užívané testy jsou testy s Maddoxovým cylindrem, von Graefeho metoda nebo anaglyfické testy.

Maddoxův cylindr představuje soustavu válcových čoček s rovnoběžnými osami. Do dálky je cylindr kombinován s Maddoxovým křížem, kde je možnost vyšetřit horizontální i vertikální odchylky. Pacient je poučen, aby sledoval svítící bod uprostřed kříže, který je viděn okem bez cylindru, nebo stupnici okolo něj. Oko s cylindrem místo světelného bodu vidí úsečku - tzv. Maddoxovu linii. Velikost odchylky lze odečíst na základě polohy linie na stupnici. Test lze užít i do blízka v kombinaci s Thoringtonovým testem, který funguje na stejném principu jako Maddoxův kříž. Verze do blízka musí nutně obsahovat vhodné podněty pro akomodaci (jako podnět může sloužit stupnice testu). [2]

Dalším způsobem jak zjistit *HTF* je Von Graefeho metoda, kdy před jedno oko předsadíme prizma (6-8 pD *BU* pro vyšetření horizontálních forií, nebo 12-15 pD *BI* pro vyšetření vertikálních forií). [4]

Pacient je poučen, aby sledoval optotyp na danou vzdálenost (nutné dodržet vzdálenost, na kterou je test konstruován). Heteroforie se projeví vzájemným posunem prizmatem rozdvojeného obrazu a její hodnotu lze opět odečíst na stupnici. Výhodou tohoto přístupu je dobrá kontrola akomodace. Pacient musí vidět fixovaný optotypový znak ostře. Nevýhodou tohoto testu je, že pootočením prizmatu navodíme nežádoucí forii.

Další možností oddělení vjemů obou očí představují červeno-zelené testy (Shoberův test), nebo polarizované testy, kde ovšem nedochází k úplné disociaci obou očí, a proto se může projevit fúze. [2]

2.3.3. Blízký bod konvergence (*NPC*)

V tomto případě je vyšetřován nejbližší bod, na který jsou oči ještě schopny konvergovat. Vzdálenost je stanovena od kořene nosu. Měření této veličiny probíhá bez korekce v subjektivním, nebo objektivním režimu. Subjektivní vyšetření se stanovuje na základě pacientovy diplopie, kdy hodnotíme bod rozdvojení a bod spojení obrazu (break/recovery). Např. *NPC* 7/9 (v cm). Při vyšetření pacient fixuje bod na vzdálenost 50 cm, který se postupně přibližuje, než dojde k jeho rozdvojení (break point). Oddalováním bodu od kořene nosu zjistíme místo, kde se rozdvojený bod opět spojí (recovery point). Objektivní vyšetřovací metoda sleduje, kdy jedno oko přestane fixovat (vytočí se ven).

Normální hodnoty se pohybují do 7,5 cm pro rozdvojení a 10,5 cm pro opětovné spojení. Nad 15 cm je potom uvažována insuficience konvergence. [2]

2.3.4. Fúzní rezervy (*FR*)

Při vyšetření fúzních rezerv, jejichž normální hodnoty jsou v tabulce 3, hodnotíme maximální možnou konvergenci (tzv. pozitivní fúzní rezervu), divergenci (negativní fúzní rezervu), supravergenci, infravergenci při pohledu na danou vzdálenost, kdy je ještě zachováno *JBV*.

Vyšetření probíhá s pomocí prizmatické lišty, kdy jsou pacientovi prezentována prizmata měnící se skokem (krokové měření vergence), nebo pomocí foropteru s téměř plynule se měnícími prizmaty rovnoměrně rozloženými před obě oči (výsledek se sčítá), tzv. jemné vergenční testování. U pacienta je při vyšetření hledán bod rozmazání (blur point), bod rozdvojení (break point), bod opětovného spojení (recovery point), v tabulce 3 jsou pak zaneseny normální hodnoty pro příslušné body. [2] Bod rozmazání by neměl nastat při předsazení prizmatu *BI* do dálky, pokud nastane, pak se jedná o ne(do)korigovanou hypermetropii. [4]

Prezentace prizmat musí být rychlá, jinak si pacient na prizma zvykne a výsledkem jsou falešně vysoké hodnoty měření. Pozitivní fúzní rezerva je důležitá při hodnocení exoforie, negativní potom při esoforie. U infravergence a supravergence, významné při hyper a hypoforii, jsou normální hodnoty 2 - 4 pD. [2]

| normální hodnoty fúzních rezerv | | | |
|---------------------------------|------------|------------|------------|
| — | | pozitivní | negativní |
| dálka | rozmazání | 12 - 16 pD | — |
| | rozdvojení | 18 - 22 pD | 6 - 12 pD |
| | spojení | 14 - 18 pD | 4 - 8 pD |
| blízko | rozmazání | 20 - 28 pD | 6 - 10 pD |
| | rozdvojení | 26 - 32 pD | 12 - 18 pD |
| | spojení | 22 - 30 pD | 8 - 14 pD |

Tab. 3 Normální hodnoty fúzních rezerv při měření prizmatickou lištou [4]

2.3.5 Vergenční facilitita (vergenční schopnost)

Vergenční facilitita (*VF*) je další významnou veličinou při zjišťování stavu *JBV*, která vypovídá o tom, jak rychle a přesně dokáže pacient reagovat na změny vergenčního (prizmatického) požadavku. Vyšetřování probíhá na vzdálenost 40 cm, kdy pacient sleduje daný optotyp, který oběma očima pohodlně přečte (obvykle o vízu 1) a k tomu mu je střídavě před jedním okem prezentována dvojice prizmat s odlišně orientovanou bází (například 12 pD *BO* a 3 pD *BI*). Prizma měníme vždy v okamžiku, kdy vyšetřovaný uvidí obraz jednoduše a ostře. Měříme počet cyklů (tj. počet prezentací obou prizmat) za jednu minutu. Za normální jsou považovány hodnoty 12 *cpm* a vyšší. [3]

2.4. Vyšetření akomodace

Mezi vyšetření akomodace patří vyšetření amplitudy akomodace, facility, neboli akomodační schopnosti, zhodnocení relativní akomodace a nakonec stanovení akomodační odezvy.

2.4.1. Amplituda akomodace (*AA*)

Tato veličina udává velikost rozsahu, ve kterém je oko schopno měnit svoji optickou mohutnost. Udává se v dioptriích a při znalosti axiální refrakce A_R avergence (převrácené hodnoty) vzdálenosti blízkého bodu A_P ji lze vyjádřit jako $AA = A_R - A_P$.

Závisí tedy na vzájemné poloze dalekého a blízkého bodu. Velikost AA v průběhu života s věkem klesá.

Měření AA lze provést monokulárně nebo binokulárně. Před zahájením vyšetření u dětí je vhodné k dosavadní korekci, je-li přítomna, přidat addici $Add = -3D$. Blízký bod oka se posune dále od oka a tím lze eliminovat velmi malé odchylky v měření vzdálenosti blízkého bodu od oka, která je signifikantní právě při stanovování amplitudy akomodace. Výsledná amplituda akomodace je pak dána námi naměřenou AA plus 3D, jelikož představením $-3D$ jsme stimulovali akomodaci hodnoty 3D.

Naopak u presbyopických pacientů je vhodné k dosavadní korekci přidat adici $+1D$, pro přiblížení blízkého bodu k oku a tím pádem pro komfortnější měření této vzdálenosti pomocí pravítka. Ve výsledku je pak pacientova amplituda akomodace rovna námi naměřené hodnotě minus 1D, jelikož předřazením $+1D$ jsme relaxovali akomodaci právě o hodnotu 1D. [4]

Metody vyšetření

Nejjednodušším a obvyklým přístupem stanovení amplitudy akomodace je určení blízkého bodu akomodace, přičemž amplituda se při předpokladu vyšetření se správnou korekcí stanoví jako převrácená hodnota jeho vzdálenosti (v m). Pacient je poučen, aby sledoval optotyp na vzdálenost 40 cm a soustředil se na řádek odpovídající visu 1,0. Poté pacienta vyzveme, aby text přibližoval k sobě při stálé fixaci na předtím čtený řádek a nahlásil, až se mu text rozmaže (push-up). Dále je pacient vyzván k přiblížení textu na úroveň nosu. Při oddalování optotypu od sebe sledujeme, kdy dojde k zaostření sledovaného řádku (push-down). Jako výsledek pak můžeme vzít aritmetický průměr těchto dvou naměřených hodnot. Pro měření lze použít tzv. akomodační pravítko, obsahující posuvný optotyp a stupnici v D. [4]

Další možnou metodou, klinicky méně rozšířenou, je tzv. metoda rozptylky, popsaná v Grosvenorově publikaci [6].

2.4.2. Akomodační facilitita (akomodační schopnost)

Akomodační facilitita (AF), neboli akomodační schopnost, je veličina, jejíž výsledky vykazují pacientovu schopnost rychle, pružně a přesně reagovat na změny

akomodačního požadavku. Vyšetření nejprve probíhá monokulárně (*MAF*), následně potom binokulárně (*BAF*).

Pacient je poučen, aby sledoval optotyp na vzdálenost 40 cm. Následně je použit flipper o hodnotách +2D a -2D. Ten je střídavě předsazován, zatímco pacient fixuje optotyp. Sledujeme, kdy u pacienta dojde k zaostření obrazu po změně akomodačního požadavku vlivem předsazených čoček. Měříme počet cyklů za jednu minutu (*cpm*), kdy jeden cyklus znamená:

- předsazení flipperu o hodnotě +2D
- zaostření optotypu
- předsazení flipperu hodnoty -2D
- opětovné zaostření optotypu

Normální hodnoty *MAF* 11 *cpm* *BAF* 8 *cpm*. [2]

2.4.3. Relativní akomodace

Relativní akomodací rozumíme dioptrickou hodnotu čoček, kterými navodíme nebo uvolníme akomodaci na danou vzdálenost (konvenčně 40 cm), aniž by došlo k rozmazání obrazu, respektive aniž se naruší ostré, jednoduché, binokulární vidění. Tuto veličinu v závislosti na tom jestli akomodaci navozujeme nebo relaxujeme, rozdělujeme na pozitivní relativní akomodaci (*PRA*) a negativní relativní akomodaci (*NRA*). Měřením pozitivní relativní akomodace je myšleno navozování akomodace rozptylnými čočkami, naopak negativní relativní akomodace je měřena pomocí spojných čoček, které akomodaci uvolňují.

Pacienta požádáme, aby umístil optotyp do vzdálenosti 40 cm od oka a ideálně sledoval optotyp odpovídající visu 1,0. Poté jsou binokulárně postupně předkládány čočky s větší optickou mohutností a v závislosti na tom, jestli je měřena *PRA* nebo *NRA* volíme optický účinek čočky. Po pacientovi je požadováno, aby nahlásil, až se obraz sledovaného optotypu rozmaže, případně rozdvojí. Normální hodnoty *PRA* je v rozmezí -1,75D až -2,25D. *NRA* pak v rozmezí +1,75D až +2,25D. [6]

2.4.4. Akomodační odezva

Akomodační odezva zkoumá reakci oka na stimul ve vzdálenosti 40 cm. Pomocí této veličiny stanovujeme, zda je akomodace větší nebo menší než jsme očekávali, respektive než je její požadavek. [4]

Vyšetření probíhá za binokulárních podmínek s korekcí při zapojené akomodaci na blízko, obvykle na 40 cm. Tuto veličinu lze stanovit objektivně metodou monokulárního odhadu (*MEM*), která využívá dynamické skiaskopie, nebo subjektivní metodou pomocí zkřížených cylindrů.

Vyšetřování *MEM* využívá dynamické skiaskopie, kdy je zapojena pacientova akomodace na vyšetřovací vzdálenost, jelikož v rovině skiaskopu se nachází optotyp, který pacient fixuje. Následný postup je v podstatě stejný jako při klasické skiaskopii, kdy pozorujeme červený reflex v oku. Je-li souběžný s pohybem skiaskopu, pak neutralizujeme reflex pomocí spojných čoček, pokud se reflex pohybuje proti směru pohybu skiaskopu, pak je nutná neutralizace pomocí rozptylných čoček. Manipulace s čočkami při neutralizování červeného reflexu by měla být rychlá.

Metoda zkřížených cylindrů je subjektivní metoda, využívající navození astigmatismu předložením Jacksonova zkříženého cylindru (*JZC*). Sledován je test složený z horizontálních a vertikálních linií, přičemž *JZC* je předkládán v osách 0° a 90° . Je-li oko zaostřeno přesně na pozorovací vzdálenost, jsou oba typy linií vnímány ve všech pozicích cylindru stejně. V opačném případě je horizontální nebo vertikální linie vnímána jako ostřejší. Tento stav se upraví překládáním čoček. Pro lepší provedení se doporučuje zamlžit vidění čočkou +1D, přičemž ji následně zeslabujeme,

dokud nedojde ke srovnání nebo prvnímu obrácení ostrosti linií. [6] Normální hodnoty monokulárního odhadu jsou v rozmezí +0,25D až +0,75D. Vyšší hodnoty této veličiny tedy $MEM > +1D$ odkazují na insuficienci akomodace nebo nekorigovanou hypermetropii, popřípadě presbyopii. Naopak nízké hodnoty, tedy $MEM < 0D$, vypovídají o excessu nebo spazmu akomodace, popřípadě pseudomyopii. [4]

3. Analýzy binokulárního vidění

V optometrické literatuře je prezentováno několik přístupů k analýze binokulárního vidění, která slouží k lepšímu posouzení stavu této zrakové funkce. Každý má svoji charakteristiku, své výhody a nevýhody. Mezi nejznámější patří grafická analýza, analytická analýza, Morganův systém, analýza fixační disparity a integrativní přístup k analýze binokulárního vidění. Poslední jmenované metodě je vzhledem k její komplexnosti věnována samostatná kapitola (kapitola 4).

3.1. Grafická analýza

Tato metoda je založena na grafickém zpracování informací o akomodačním a vergenčním systému. Z grafického výstupu je možné odhadnout, za jakých podmínek, popřípadě při jakých hodnotách sledovaných veličin může být u pacienta očekáváno ostré, jednoduché a komfortní binokulární vidění. Mezi sledované parametry patří velikost heteroforie (tzv. disociované forie) na dálku a blízko, horizontální pozitivní a negativní fúznívergence (*PFV* a *NFV*) na dálku a blízko, pozitivní a negativní relativní akomodace (*PRA*, *NRA*), amplituda akomodace (*AA*) a blízký bod konvergence (*NPC*). Předpoklad je, že vergenční stav je určen do dálky tonickou vergencí a při pohledu do blízka je navíc ovlivněn akomodační konvergencí díky výše popsanému *AC/A* poměru. Uvedená měření se vynášejí do akomodačně-vergenčního diagramu (*A-V* diagramu), jehož příklad je na obr. 5. Základní křivkou, od které jsou vynášeny hodnoty jednotlivých veličin, je tzv. Dondersova linie, která udává závislost akomodace a konvergence za normálních podmínek. Lze ji charakterizovat jako ideální poměr akomodace *A* a konvergence *C*. Tento poměr lze také stanovit podle vzorce $C = PD \cdot A = PD/a$, kde *C* je (pD), *A* (D), pupilární distance *PD* (cm) a pozorovací vzdálenost *a* (m) měřená od otočného bodu oka. Pokud bude *a* měřeno od zkušební obruby, pak je nutné jej ve vzorci nahradit vztahem $C = PD/(a + 0,027)$, protože obruba leží přibližně 2,7 cm od otočného bodu oka.

Vlastní vyhodnocení probíhá jednak srovnáním konkrétního diagramu s typickými diagramy, jednak zhodnocením pomocí kritérií podle Shearda nebo Percivala. Sheardovo kritérium předpokládá komfortní vidění, když příslušná fúzní rezerva bude dvakrát větší než je heteroforie. Například, bude-li mít pacient forii 10Δ , pak podle

Sheardova kritéria bude komfortní binokulární vidění při fúzní rezervě alespoň 20Δ . Tento předpoklad podle Shearda je možno využít ke stanovení prizmatické hodnoty korekce, která pacientovi zajistí kvalitní a komfortní binokulární vidění. Pro stanovení prizmatické korekce se využívá vztahu $\Delta = 2/3 HTF - 1/3 FR$. Druhé kritérium, na které tato analýza spoléhá, je Percivalovo kritérium (menší FR je větší nebo rovna polovině větší FR). Dle tohoto kritéria lze opět stanovit nejlepší prizmatickou korekci za použití vztahu $\Delta = 1/3$ větší $FR - 2/3$ menší FR . [6]

3.1.1. Zásady konstrukce grafu

Ukázka grafu je na obr. 5. Na vodorovné ose je vynesena hodnotavergence (pD), na svislé ose akomodace (D). Protože měření probíhá obvykle na dvě vzdálenosti (nekonečno, respektive 6 m a 40 cm), může být pro lepší přehled v grafu uvedena stupnice pro nekonečnou vzdálenost (obvykle dole) a vhodně posunutá pro 40 cm (obvykle nahoře). Na svislé ose je vyznačen odpovídající akomodační stimul (obvykle vlevo). Horizontální čárkovaná linie je potom znázorněním akomodace na tento stimul, pro akomodaci na 40 cm (2,5 D). Dále je v grafu prezentována Dondersova linie, reprezentující ideální hodnotu akomodace při dané konvergenci.

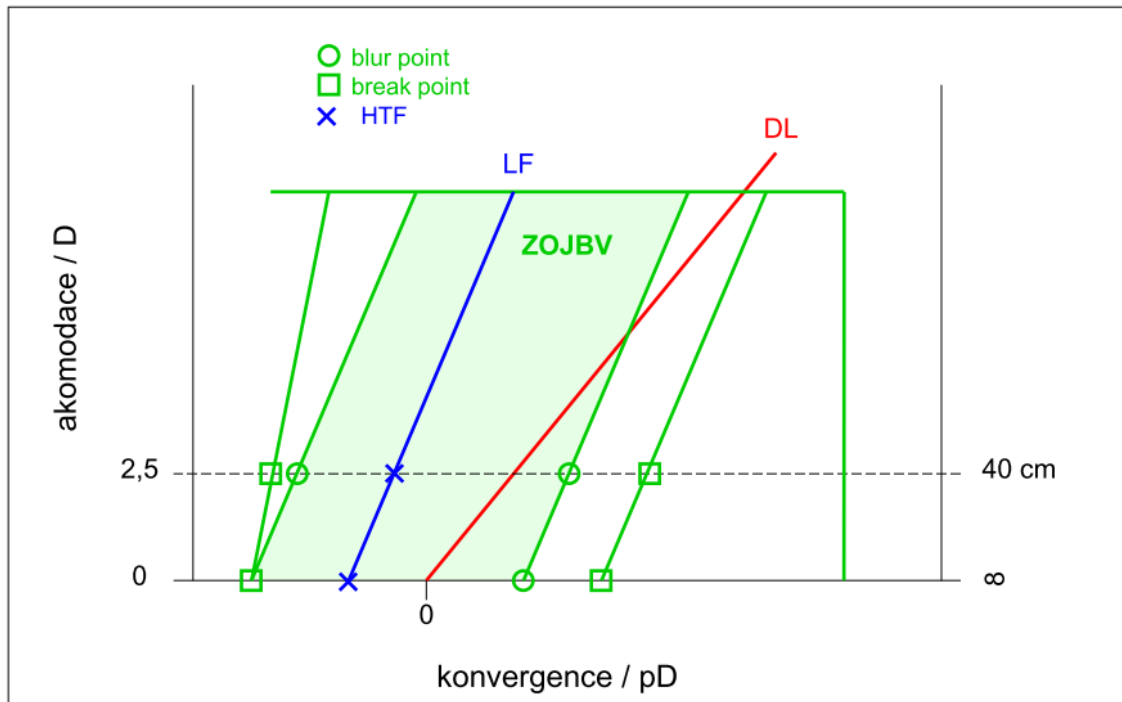
Forie značíme v grafu pomocí značky X. O značí bod rozmazání, □ rozdvojení a Δ opětovné spojení obrazu u fúzních rezerv. Amplituda akomodace představuje horní limit grafu. Pravá mez grafu je dána pozicí blízkého bodu. Všechny naměřené hodnoty vynášíme od bodu, který odpovídá přirozené pozici očí za normálních podmínek (tato pozice je výchozí pozicí při všech měřeních), tj. od hodnoty Dondersovy linie odpovídající dané vyšetřovací vzdálenosti. Esoforii a pozitivní fúzní vergenci vynášíme v kladném směru (doprava), exoforii a negativní fúzní vergenci v záporném směru (doleva) od linie.

Odpovídající body následně spojíme pomocí přímk, které v grafu vymezují:

- oblast jednoduchého ostrého binokulárního vidění (*JOBV*), tato oblast se nachází mezi spojnicemi bodů rozmazání u fúzních rezerv

- oblast jednoduchého binokulárního vidění (*JBV*), tato oblast se nachází mezi spojnicemi bodů rozdvojení u fúzních rezerv

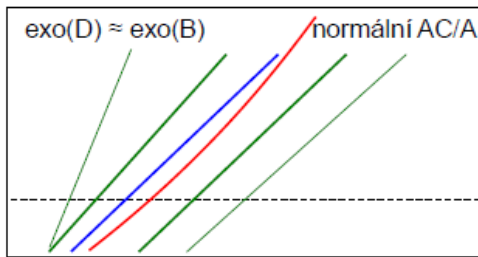
Mimo tyto oblasti nedochází k jednoduchému binokulárnímu vidění. [6]



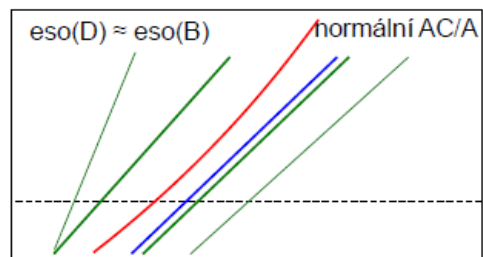
Obr. 5 A-V diagram za normálních podmínek [7]

3.1.2. Interpretace grafu

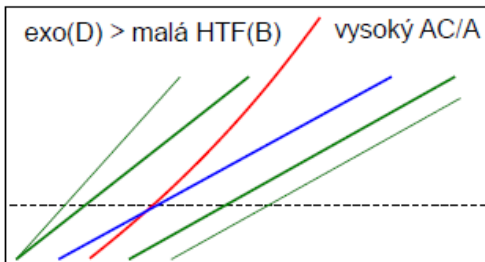
Graf zobrazuje veličiny: tonická vergence, *AC/A* poměr a zóny *JBV* a *JOBV*. Hodnotu tonické vergence je možné usuzovat z forie na dálku. *AC/A* poměr je určen sklonem linie forií (jedná se o tzv. kalkulovaný poměr). Podstatný je též vztah mezi *JBV*, popř. *JOBV* a Dondersovou linií. V optimálním případě by se měla nacházet přibližně uprostřed zón, což prezentuje dostatečný rozsah fúzních vergencí. Přesně lze limity spočítat pomocí výše uvedených kritérií. Tvar grafu by měl být tzv. paralelogram, tj. linie v grafu by měly být (velmi přibližně) rovnoběžné. Pokud tomu tak není, lze očekávat, že případný problém nebude primárně ve vergenčním systému. Paralelogram je možné porovnávat s typickými průběhy grafů (viz obr. 6 až 12) a následně vyhodnotit typ poruchy. [6]



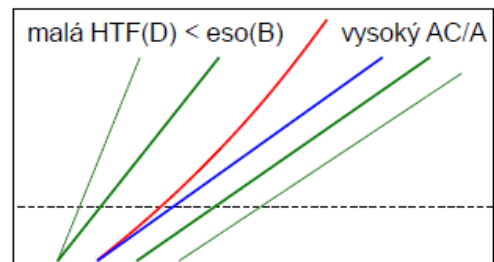
Obr. 6 Klasický typ exoforie [7]



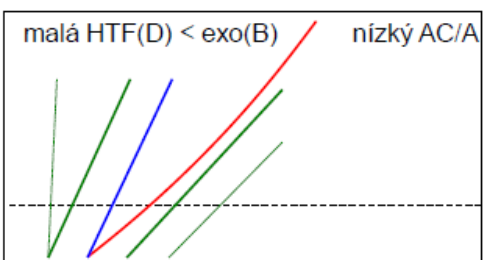
Obr. 7 Klasický typ esoforie [7]



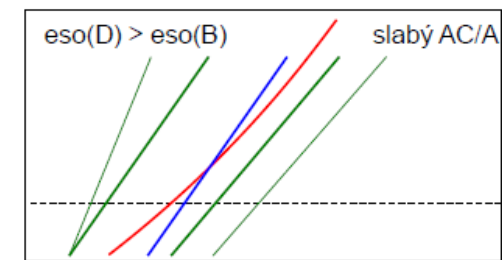
Obr. 9 Exces divergence [7]



Obr. 10 Exces konvergence [7]



Obr. 11 Insuficience konvergence [7]



Obr. 12 Insuficience divergence [7]

3.1.3. Výhody

Primární výhodou grafického systému je, že dovoluje přehledně zobrazit vztah mezi jednotlivými sledovanými veličinami a pomocí grafické reprezentace umožňuje pochopit jejich vzájemné vazby a souvislosti. Šíře zóny čistého, jednoduchého binokulárního vidění, vztah mezi forií a fúzní vergencí, vztah mezi akomodační konvergencí a akomodací (AC/A poměr) a vztahy negativní a pozitivní relativní akomodace k fúzní vergenci, jsou jednoduše zakresleny do grafu. Studentům, kteří se s binokulárním viděním teprve seznamují, může grafický záznam sloužit jako pomůcka. Tento systém slouží také k identifikaci chyb *JBV*. V tomto případě vykazuje výsledný graf výrazně atypický průběh, který nekoresponduje s obvyklými schémata. [3]

3.1.4. Nevýhody grafické analýzy

Tento systém selhává při identifikaci některých binokulárních, akomodačních a okulomotorických problémů. Při použití tohoto přístupu je nutné si uvědomit, že důležité veličiny jako akomodační facilita, vergenční facilita, fixační disparita a hodnoty *MEM* (monokulární odhad akomodační odezvy) nejsou zahrnuty do této analýzy, proto exces akomodace, nedostatečná akomodační schopnost neb dysfunkce fúznívergence, nemůžou být rozpoznány při užití tohoto přístupu. Například u pacienta s nedostatečnou akomodační schopností, který může mít normální amplitudu akomodace, *NRA* i *PRA*, pak při zanesení hodnot do grafu a analyzování dle Sheardova kritéria vyjde graf v normě, ale stanovení diagnózy je chybné. Další nevýhodou tohoto přístupu je opírání se pouze o dvě kritéria, která byla popsána výše a která nelze univerzálně použít, jelikož nemusí u všech pacientů vyhovovat. Poslední nevýhodou je těžkopádnost a časová náročnost tohoto přístupu a klinicky velmi zřídka potřebujeme zakreslovat hodnoty do grafu pro řešení problému. [3]

3.2. Analytická analýza

Druhý přístup k vyšetření binokulárního vidění je analytická analýza. Tento systém je součástí tzv. Optometry Extension Program (*OEP*), jehož podrobnější rozbor lze najít na webové stránce. [8] Cílem této analýzy je komplexní vyšetření a zhodnocení zrakových funkcí, které probíhá v několika krocích:

- provedení 21 základních testů při užití přesných instrukcí
- kontrola (porovnání hodnot v tabulce očekávaných nálezů)
- zřetězení (shromáždění) jednotlivých vyšetření
- závěr (identifikace/klasifikace) [3]

Při užití analytické analýzy musí být všech 21 specifických testů (např. Vyšetření akomodační odezvy pomocí metody zkřížených cylindrů) použito přesně a ve správném pořadí. Jakákoli odchylka ovlivňuje měřené výsledky. [6] Výsledky testů musí být porovnány v tabulce očekávaných hodnot, poté následuje tzv. zřetězení dat, to znamená, že se oddělí nálezy s vysokými hodnotami od nálezů s nízkými hodnotami, následně se specificky seřadí a jsou analyzována. Výstupem provedené analýzy je klasifikace, kde

akomodačně-vergenčním potížím odpovídají dva základní typy, a to C-typ, který naznačuje problém s konvergencí, a B-typ, poukazující na problém s akomodací. [3]
Analytická analýza zahrnuje dva koncepty, které vycházejí z obecné z filozofie *OEP*:

koncept 1: Status vidění se zhorší při dlouhodobé námaze

Tento koncept naznačuje, že zrakové problémy se tvoří při dlouhodobé námaze, zhoršení se pak projeví jako adaptace na pracovní podnět (práce do blízka, nadměrné čtení). Analytická analýza nám dovoluje posoudit aktuální míru zrakového problému a následně navrhnout optimální korekci. Není-li terapie pomocí brýlových čoček, nebo zrakového tréninku zavedena, pak lze očekávat adaptaci v podobě problémů s fúzí vergencí. [3]

koncept 2: Předcházení zrakovým problémům

Filozofie *OEP* předpokládá, že zrakové problémy se tvoří na základě adaptace na blízké předměty (požadavek na blízko). Protože tato analýza indikuje aktuální stav vývoje zrakového problému, každé jemné změny mohou být včas rozpoznány. Vhodným řešením pomocí brýlových čoček, prizmatických čoček a zrakovou terapií lze předejít mnohým zrakovým problémům. [3]

3.2.1. Výhody

Součástí uceleného systému *OEP*, který umožňuje komplexnějším způsobem zmapovat zrakový systém jako celek a nezaměřuje se pouze na akomodačně-vergenční problémy. [3]

3.2.2. Nevýhody

Hlavním problémem jsou složité testovací protokoly. Tento přístup k analýze jednoduchého binokulárního vidění je tedy nevhodný pro studenty a praktikanty, kteří právě s těmito protokoly pracovat neumí, jelikož se tato analýza běžně ve školách nezařazuje do itineráře výuky. Pochopení *OEP* filozofie je pro tuto analýzu základním požadavkem - týká se většinou až postgraduálního studia. [3]

3.3. Morganův systém klinické analýzy (normativní analýza)

Morganův systém vychází z jeho původní studie z roku 1944. [9]

V této studii analyzuje výsledky jednotlivých vybraných testů a prezentuje koncept jejich vyhodnocení. Morgan shledal, že lze data získaná z vybraných testů akomodačně-vergenčního systému rozdělit do skupin, které reprezentují jednotlivé oblasti možných problémů. Jedná se o skupiny A, B a C prezentované v tab. 4-6. Vyhodnocení výsledků měření pak spočívá v seskupení dat do jednotlivých skupin a v následném porovnání jejich hodnot s normálními hodnotami předpokládanými dle Morgana (tab. 7). Převažující abnormální hodnoty v jedné ze sledovaných skupin pak poukazují na konkrétní možný typ problému. Důležité u této analýzy je, že samostatný nález není sám o sobě významný, o problému v daném směru tato analýza uvažuje, až když k tomu směřuje celá skupina dat. O konvergenční problém se jedná tehdy, jsou-li hodnoty ve skupině A vysoké a zároveň hodnoty ve skupině B nízké. Když je tomu naopak, hodnoty ve skupině A jsou nízké a hodnoty ve skupině B vysoké, pak se jedná o problém akomodačního typu. Morgan dále uvádí skupinu C, ve které jsou veličiny potřebné pro stanovení, zda je vhodná terapie brýlovými čočkami, prizmatickými čočkami, nebo zrakovým tréninkem. Jedná se tedy o snadný přístup k analýze jednoduchého binokulárního vidění, který je jednoduše aplikovatelný a nezasahuje mimo oblast binokulárních vyšetření. [3]

| skupina dat A | |
|----------------------|----------------------------|
| <i>NFV</i> na dálku | bod rozdvojení obrazu |
| <i>NFV</i> na blízko | bod rozmazání a rozdvojení |
| <i>PRA</i> | |
| <i>AA</i> | |

Tab. 4 Skupina dat "A" stanovená dle Morgana [3]

| skupina dat B | |
|----------------------|-----------------------------------|
| <i>PFV</i> na dálku | bod rozmazání a rozdvojení obrazu |
| akomodační odezva | |
| <i>NRA</i> | |

Tab. 5 Skupina dat "B" stanovená dle Morgana [3]

| skupina dat C | |
|----------------------|--|
| heteroforie | |
| <i>AC/A</i> poměr | |

Tab. 6 Skupina dat "C" stanovená dle Morgana [3]

| vyšetření | očekávané hodnoty | | standardní odchylka |
|-------------------------------|---------------------|-------------|---------------------|
| <i>HTF</i> na dálku | 1 Δ exoforie | | $\pm 2 \Delta$ |
| <i>HTF</i> na blízko | 3 Δ exoforie | | $\pm 3 \Delta$ |
| <i>AC/A</i> poměr | 4:1 | | $\pm 2 \Delta$ |
| base-out prizma na dálku | bod rozmazání | 9 Δ | $\pm 4 \Delta$ |
| | bod rozdvojení | 19 Δ | $\pm 8 \Delta$ |
| | bod spojení | 10 Δ | $\pm 4 \Delta$ |
| base-in prizma na dálku | bod rozdvojení | 7 Δ | $\pm 3 \Delta$ |
| | bod spojení | 4 Δ | $\pm 2 \Delta$ |
| base-out prizma na blízko | bod rozmazání | 17 Δ | $\pm 5 \Delta$ |
| | bod rozdvojení | 21 Δ | $\pm 6 \Delta$ |
| | bod spojení | 11 Δ | $\pm 7 \Delta$ |
| base-in prizma na blízko | bod rozmazání | 13 Δ | $\pm 4 \Delta$ |
| | bod rozdvojení | 21 Δ | $\pm 4 \Delta$ |
| | bod spojení | 13 Δ | $\pm 5 \Delta$ |
| amplituda akomodace (push-up) | 18 D - 1/3 věku | | $\pm 2,0$ D |
| akomodační odezva | +0,5 D | | $\pm 0,5$ D |
| <i>NRA</i> | +2,0 D | | $\pm 0,5$ D |
| <i>PRA</i> | -2,37 D | | $\pm 1,0$ D |

Tab. 7 Očekávané hodnoty a jejich standardní odchylky stanovené dle Morgana [3]

3.3.1. Výhody

Primární výhodou tohoto přístupu je, že nehodnotí jednotlivá data sama o sobě, ale v rámci skupin. To vypovídá o tom, že když jedna hodnota nezapadá do běžných nálezů, nemusí to nutně znamenat, že vyšetřovaný pacient trpí nějakým problémem.

Další výhodou je flexibilita použití v porovnání například s analytickou nebo grafickou analýzou.[3]

3.3.2. Nevýhody

Hlavní nevýhodou je, že skupiny podle Morgana nebyly od roku 1940 aktualizovány, v tuto chvíli pak tato analýza selhává při identifikaci některých binokulárních, akomodačních nebo okulomotorických problémů. Při použití tohoto přístupu je nutné si

uvědomit, že důležitá vyšetření jako akomodační facilitata, fixační disparita a výsledky *MEM* nejsou v tomto konceptu zahrnuty a některé binokulární poruchy tak nemusí být správně či vůbec identifikovány. [3]

3.4. Analýza fixační disparity

Fixační disparitu lze měřit tak, jak je uvedeno v kapitole 2. Pro zhodnocení, zda je příčinou *FD* dekompenzovaná heteroforie lze využít normálních hodnot uvedených v kapitole 2, pokud požíváme test s centrálním fúzním podnětem. Pokud máme test bez centrálního podnětu, nebo chceme-li podrobnější a kompletnější vyšetření tohoto jevu, je nutné stanovení tzv. křivky fixační disparity, která dovoluje tuto veličinu detailněji vyšetřit a odlišit od sebe různé typy fixačních disparit. Křivku je možné měřit pomocí testů, které přímo umožňují sledování velikosti *FD* (Wesson card, Saladin near point card - viz kapitola 2). [3]

Vyšetření probíhá na danou vzdálenost, pro kterou je test konstruován při postupném zvyšování hodnoty předkládaných prizmat, jejichž orientaci vždy střídáme *BI/BO* (doporučená řada je např. 3pD *BI/BO*, 6pD *BI/BO*, 12pD *BI/BO* atd.) a zároveň je zaznamenávána hodnota *FD* ve stupních. Představuje tedy závislost hodnot *FD* na předloženém prizmatu. Měření je ukončeno při nahlášení diplopie. Mezi výměnou prizmat má pacient zavřené oči. Z důvodu zabránění vlivu adaptace musí pacient na změnu reagovat okamžitě. [4]

Mezi hlavní parametry, které jsou hodnoceny, patří typ křivky, centrum symetrie, průsečíky s osou *X* a *Y* a sklon křivky. Typy všech čtyř známých křivek jsou na obr. 13 až 16. [3]

3.4.1. Typ křivky

Obecně, když dochází k nárůstu síly předkládaného prizmatu *BO*, je zaznamenávána větší *exoFD*. V případě *BI* je posun právě opačný, tudíž k *esoFD*. Křivky se strmým spádem, vyšší asociační forií a značnou *FD* jsou častější u symptomatických pacientů. U asymptomatických pacientů je častější křivka *I*, u pacientů s *HTF* křivky *II* a *III* a nakonec u pacientů s nestabilním binokulárním viděním je přítomna křivka *IV*. [3]

3.4.2. Centrum symetrie

Centrem symetrie je nazývána symetrická oblast grafu, ve které dochází k adaptaci na prizma i přes změnu prizmatického účinku díky fúzní vergenci, která je do jisté míry schopna tuto změnu kompenzovat. [3]

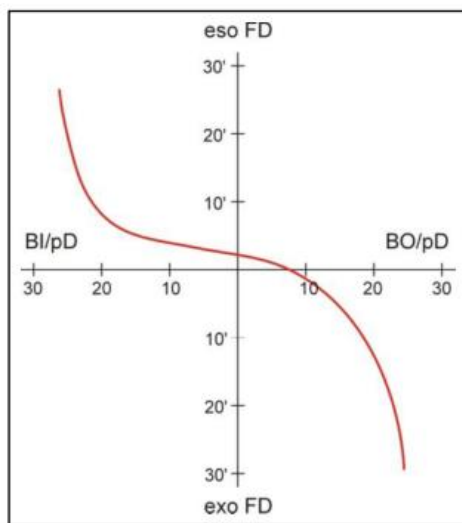
3.4.3. Interpretace průsečíků s osou X a Y

Průsečík s osou X vypovídá o hodnotě asociační forie. Velikost této veličiny bývá obvykle menší než hodnota disociované forie u exoforických pacientů, naopak vyšší u esoforických pacientů. Na hodnotu asociační forie mají vliv proximální vergence a vergenční adaptace. Druhý průsečík, tedy s osou Y , referuje o hodnotě fixační disparity. Obě veličiny, asociační forie a fixační disparita, jsou blíže popsány v kapitole 2. V některých případech průsečík s osou X neexistuje, popř. leží blízko oblasti adaptace (zejména při užití testů bez centrálního fúzního podnětu). Pak je možné zvolit za korekční prizma nikoliv hodnotu asociační forie (jak uvádí kapitola 2), ale hodnotu, ve které se křivka začíná oplošťovat. [3]

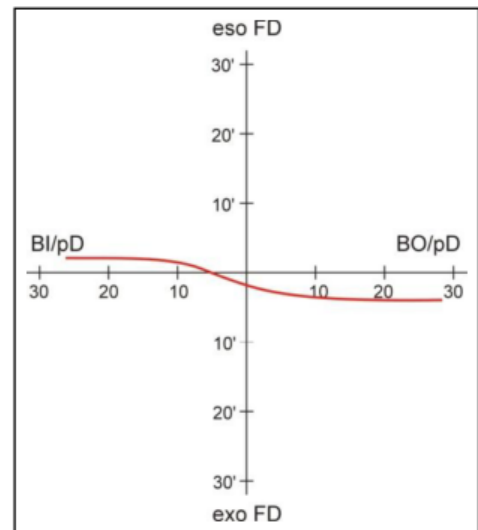
3.4.4. Sklon křivky

Sklon křivky je důležitý při volbě terapie fixační disparity. Je možné jednoduše odhadnout zaznamenáním změn při předložení prizmatu $3\Delta BO$ a $3\Delta BI$, nebo pomocí přístrojů jako jsou disparometr a Wesson card, která je z důvodu dostupnosti nejpoužívanější, zda se v daném případě jedná o plochý, nebo strmý typ grafu. Je-li křivka grafu plochá, pak lze obecně říci, že u takového pacienta je úspěšnější terapie pomocí prizmatických čoček. Naopak u pacientů, kde se vyskytuje křivka strmého charakteru se často využívá zraková terapie a až když tato metoda křivku “nezplošťuje”, přistupuje se ke korekci prizmaty, jejichž hodnota je dána hodnotou asociační forie. Pokud bude u pacienta odhalena porucha vertikální vergence, pak lze častěji očekávat strmější typ grafu a v tomto případě bude u pacienta doporučena terapie pomocí prizmatických čoček založena na vertikální asociační forii z důvodu nízké vergenční adaptace na vertikální poruchy. [3]

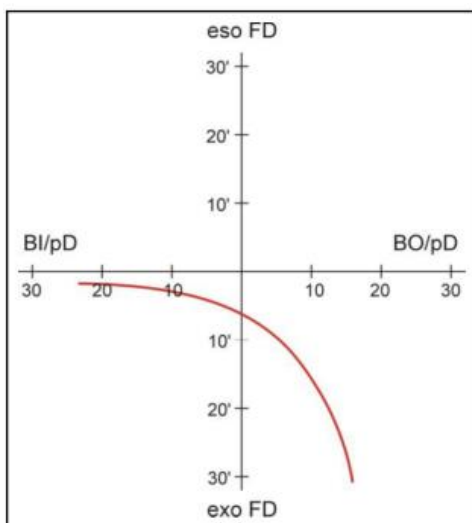
Dále lze z křivky stanovit pacientův Panumův prostor a fúzní rezervy. Panumův prostor je dán vertikálním rozsahem grafu, naopak fúzní rezervy jsou dány horizontálním rozsahem grafu. [3]



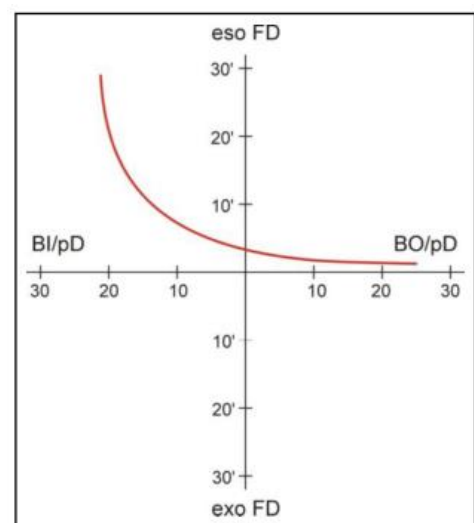
Obr. 13 Normální křivka typu I,
přítomna u 60 % pacientů [10]



Obr. 14 Křivka typu II
esoforie
přítomna u 25 % pacientů [10]



Obr. 15 Křivka typu III
exoforie
přítomna u 10 % pacientů [10]



Obr. 16 Křivka typu IV
nestabilní binokulární vidění
přítomna u 5 % pacientů [10]

3.3.5. Výhody

První výhodou této analýzy je, že data jsou shromažďována při binokulárních podmínkách. Ostatní systémy analýz používají testování forií a vergencí při disociaci obou očí, což nemusí přímo odrážet problémy v binokulárním vidění. Například 30 % pacientů se týká tzv. paradoxní fixační disparita, kdy je tato veličina přesně v opozici ke směru forie.

Analyzovat fixační disparitu má význam při řešení binokulárních problémů, jelikož je zřejmé, že tato analýza poskytuje nejefektivnější metody jak určit hodnotu prizmatické korekce potřebné k terapii binokulárních problémů. [3]

3.3.6. Nevýhody

Nevýhodou tohoto přístupu je, že fixační disparita dokáže hodnotit pouze binokulární vidění, neposkytuje ovšem informace o akomodaci a okulomotorických problémech. [3]

4. Integrativní přístup k analýze *JBV*

Tato metoda využívá hlavních myšlenek již popsaných a eliminuje jejich nevýhody. Při její aplikaci se optometrista nemusí držet pravidel jedné metody. Metoda využívá konceptů *OEP* analytické analýzy, bez použití specifických protokolů. Využívá Morganova poznatku hodnocení celých skupin testů a ne jednotlivých veličin, zařazuje hodnocení fixační disparity za binokulárních podmínek a zahrnuje i okulomotorické veličiny, akomodační facilitu, *MEM* a vergenční facilitu. Tento systém po vyšetřujícím požaduje, aby znal očekávané hodnoty měřených veličin a vztahy mezi nimi. Tato analýza probíhá ve třech krocích:

- porovnání jednotlivých testů s tabulkami očekávaných hodnot
- seskupení nálezů, které se od očekávaných hodnot liší
- identifikace poruchy dle příslušných grafů [3]

4.1. Rozdělení veličin do specifických skupin

V této analýze jsou testy seskupeny do šesti pevně daných, specifických skupin, ve kterých může nastat problém narušující *JBV*. Přehled jednotlivých skupin a příslušných testů je uveden v tabulkách 8-13, přičemž jsou tyto testy podrobně popsány v kapitole 2. Následující text pouze vymezuje specifika jejich užití a interpretaci v dané skupině. Jelikož pro poslední skupinu tato analýza žádná specifika nevyžaduje, pak je tato skupina rozebírána pouze v rámci kapitoly 2. [3]

| testy hodnotící pozitivní fúzní vergenci |
|--|
| jemné vergenční testování |
| krokové vergenční testování |
| testování vergenční facility |
| negativní relativní akomodace |
| binokulární akomodační facilitu s použitím spojných čoček |
| blízký bod konvergence |
| akomodační odezva metodou <i>MEM</i> a metodou zkřížených cylindrů |

Tab. 8 Testy hodnotící pozitivní fúzní vergenci [3]

| testy hodnotící negativní fúzní vergenci |
|--|
| jemné vergenční testování |
| krokové vergenční testování |
| testování vergenční facility |
| pozitivní relativní akomodace |
| binokulární akomodační facility s použitím rozptylných čoček |
| akomodační odezva metodou <i>MEM</i> a metodou zkřížených cylindrů |

Tab. 9 Testy hodnotící negativní fúzní vergenci [3]

| testy hodnotící akomodační systém |
|---|
| amplituda akomodace |
| monokulární akomodační facility |
| akomodační odezva |
| pozitivní a negativní relativní akomodace |
| binokulární akomodační facility |

Tab. 10 Testy hodnotící akomodační systém [3]

| testy hodnotící vertikální fúzní vergenci |
|--|
| supravergence a infravergence |
| fixační disparita |

Tab. 11 Testy hodnotící vertikální fúzní vergenci [3]

| testy hodnotící okulomotorický systém |
|--|
| status fixace |
| schopnost sakadických pohybů |
| schopnost plynule sledovacích pohybů |

Tab. 12 Testy hodnotící okulomotorický systém [3]

| testy pro stanovení očních odchylek |
|-------------------------------------|
| zakrývací test na dálku |
| zakrývací test na blízko |
| stanovení heteroforie na dálku |
| stanovení heteroforie na blízko |
| fixační disparita |
| AC/A poměr |
| CA/C poměr |

Tab. 13 Testy pro stanovení očních odchylek [3]

4.2. Analýzy specifických skupin

4.2.1. Skupina testů pozitivní fúznívergence

Zde jsou obsaženy testy, které mohou být použity k přímému, nebo nepřímému určení stavu pacientovy pozitivní fúznívergence (*PFV*) na dálku a na vzdálenost 40 cm. Jsou podstatné zejména při hodnocení problémů souvisejících s exoforií. [3]

4.2.1.1. Pozitivní fúznívergence

Při jemném a krokovém vergenčním testování je přímo měřena pozitivní fúznívergence (rezerva) předsazením *BO* prizmat. Navozená konvergence vede přes *CA/C* poměr k posílení konvergenční složky akomodace, pacient proto musí více relaxovat akomodaci pro vyvážení této stimulace, pokud však již není schopen kompenzace, fixovaný předmět se mu rozmaže. Při vyčerpání vlastní fúznívergence se obraz rozdvojí.[3]

4.2.1.2. Testování vergenční facility

Do skupin dat s pozitivní fúznívergence dále řadíme testování vergenční facility, přičemž se soustředíme na reakci při předsazení prizmatu 12Δ *BO*. Při předsazení hranolu této prizmatické hodnoty musí pacient vyvinout *PFV* stejné hodnoty pro zachování binokulární fixace. Jelikož se optotyp, respektive vertikální linie znaků, nachází ve 40 cm od očí vyšetřovaného, pak lze předpokládat, že bude nucen

akomodovat o hodnotě 2,5D. Ve skutečnosti bude ovšem akomodační odpověď na stimul menší a to v odhadovaném rozsahu 1,75D - 2,00D.

Pokud bude fúzní vergence dostatečná, pak bude zachován jednoduchý a ostrý obraz. Nahlášení diplopie indikuje pacientovu nedostatečnou pozitivní fúzní vergenci. Další možností je nahlášení jednoduchého, ale rozmazaného obrazu, to odkazuje na užití akomodační konvergence, jako kompenzace *PFV*. [3]

4.2.1.3. Negativní relativní akomodace

Tento test hodnotí *PFV* nepřímou, jelikož pacient konverguje na danou vzdálenost (obvykle 40 cm) a mění se jen akomodační požadavek. Jak je popsáno výše, při testování *NRA* jsou postupně předkládány plusové čočky krokově silnější v optické mohutnosti vždy o +0,25D.

Předřazováním plusových čoček uvolňujeme akomodaci, tudíž akomodační konvergenci. Pacient musí tuto relaxaci kompenzovat pomocí *PFV*, jinak dojde k rozmazání obrazu. Při rozhodování, který faktor zapříčiňuje rozmazání obrazu, vyšetříme pacienta monokulárně. Vidí-li ostře s monokulárně předřazenou čočkou o hodnotě +2,50D, ale binokulárně pouze s čočkami +1,5D, pak se jedná o problém s pozitivní fúzní vergencí. Další variantou je jednoduše zakrýt pacientovi jedno oko ve chvíli, kdy má rozmazaný obraz. Pokud se obraz zaostří při monokulárním vidění, je chyba v systému fúzní vergence. [3]

4.2.1.4. Binokulární akomodační facilitace s použitím spojných čoček

Toto binokulární testování je podobné zkoušce negativní relativní akomodace, protože je po pacientovi požadováno udržovat konvergenci na stejné hodnotě, zatímco se mění akomodační požadavek. Jak je popsáno v kapitole 1, tak *BAF* hodnotí, jak rychle dokáže pacient reagovat na změnu akomodačního požadavku, ovšem zde z pohledu *PFV* ji hodnotíme jen ze strany, kdy jsou předloženy čočky hodnot +2,00D. Pacient je tedy nucen uvolnit akomodaci o stejné hodnotě, a jelikož dojde i k oslabení v akomodační konvergenci skrze *AC/A* poměr, pak lze říci, že je *PFV* opět testována nepřímou. Bude-li uvažován pacient s *AC/A* poměrem 5:1, pak hodnota divergence očí pacienta bude 10Δ. Vyšetřením můžeme dojít ke dvěma výsledkům:

- pacient nemá příslušnou hodnotu pozitivní fúznívergence
- pacient není schopen uvolnit akomodaci

Zakrytím jednoho oka rozhodneme, o který problém se jedná. Zlepší-li se vidění pacienta při monokulárních podmínkách, pak se jedná o limit ve fúznívergence. [3]

4.2.1.5. Blízky bod konvergence

NPC lze použít jako další z nepřímých testů *PFV*, protože při vyšetření, kdy pacient fixuje přibližující se bod, vedle proximální a akomodační konvergence využívá i *PFV*. Právě proto lze při nízkých hodnotách *NPC* označit chybu v *PFV*. [3]

4.2.1.6. Akomodační odezva metodou *MEM* a metodou zkřížených cylindrů

Oba testy musí být realizovány za binokulárních podmínek a slouží ke zhodnocení akomodační odezvy. Normální hodnoty pro metodu *MEM* (metoda monokulárního odhadu) jsou +0,25D až +0,5D a pro metodu zkřížených cylindrů +0,5D až +0,75D. Nicméně je-li u pacienta přítomna exoforie a slabá hodnota pozitivní fúznívergence, oba testy ve výsledku vykazují nižší hodnoty plusových čoček než jsme očekávali.

Snížení hodnot plusových čoček u těchto testů je interpretováno jako nadměrná akomodace na daný stimul. U pacienta s exoforií může tento jev souviset se sníženou pozitivní fúznívergence. [3]

4.2.1.7. Shrnutí

Hodnoty výsledků v celé skupině budou nižší při výskytu exoforie. U metod *MEM* a zkřížených cylindrů můžeme pozorovat nadměrnou akomodaci, tudíž ve výsledku budou pro vyšetření použity nižší hodnoty spojných čoček než je norma. [3]

4.2.2. Skupina testů negativní fúznívergence

Tato skupina zahrnuje testy, které naznačují stav pacientovy negativní fúznívergence (*NFV*). Do této skupiny se započítávají testy, které přímo nebo nepřímo hodnotí stav *NFV* a to na dálku nebo na blízko. [3]

4.2.2.1. Negativní fúzní vergence

Ze strany *NFV* je vergenční testování bráno pouze z pohledu předložení prizmat bázi nasálně (*BI*), přičemž je *NFV* měřena přímo. Tento test požaduje po pacientovi maximální divergenci a k ní odpovídající akomodaci, kdy ještě dochází k binokulární fixaci. Navozená divergence vede přes *CA/C* poměr k oslabení konvergenční složky akomodace (při pohledu do blízka, kdy je akomodace aktivní). Pacient proto musí více stimulovat akomodaci pro vyvážení tohoto poklesu, pokud však již není schopen pokles vergenční akomodace nadále kompenzovat, fixovaný předmět se mu rozmáže. Při vyčerpání vlastní fúzní vergence se rozdvojí. [3] Při měření této veličiny do dálky by nemělo dojít k bodu rozmazání, a pokud ano, může se jednat o nedokorigovanou hypermetropii. [4]

4.2.2.2. Vergenční facilita

Zde je *VF* hodnocena jen z pohledu použití $3\Delta BI$. Pacient je tedy nucen využít $3\Delta NFV$ a akomodaci 2,5D (opět kvůli vyšetřovací vzdálenosti 40 cm).

Je-li pacient schopen vyvinout příslušnou fúzní vergenci, pak vnímá obraz jako jednoduchý a ostrý. Pokud není schopen vyvinout příslušnou fúzní vergenci, dojde k rozdvojení obrazu. [3]

4.2.2.3. Pozitivní relativní akomodace

Tento test hodnotí *NFV* nepřímou, protože se mění akomodační požadavek při stejné konvergenci. Zde je akomodace stimulována pomocí rozptylných čoček. Tato stimulace je doprovázena zvýšením akomodační konvergence, která závisí na hodnotě *AC/A* poměru. Akomodace u pacienta způsobí nárůst konvergence, a protože pacient konvergoval na danou vzdálenost a nyní se díky akomodaci konvergence změní, nastane u pacienta diplopie. K zabránění diplopie musí pacient využít *NFV* pro vyvážení akomodační konvergence. Hodnota *NFV* je dána hodnotou *AC/A* poměru. Výsledek tohoto testu může být dvojitý, buď snížení hodnoty negativní fúzní vergence, nebo není možné u pacienta stimulovat dodatečnou akomodaci. Pro stanovení, který z faktorů je u daného pacienta přítomen, stačí zakrýt jedno oko. Pokud se text při okluzi rozjasní, jedná se o sníženou hodnotu negativní fúzní vergence. [3]

4.2.2.4. Binokulární akomodační facilitata s použitím rozptylných čoček

Před obě oči jsou předloženy čočky o hodnotě $-2D$ a pacient je vyzván, aby zachoval jednoduché a ostré vidění, tudíž musí stimulovat akomodaci o hodnotě $+2D$, aby obraz daných charakteristik zachoval. Tato stimulace akomodace nicméně způsobí nárůst v akomodační konvergenci. Hodnota dodatečné konvergence je přímo spojována s hodnotou AC/A poměru. Je-li dán AC/A poměr $5:1$, pak při stimulaci akomodace o $2D$, bude pacientova konvergence 10Δ . S touto konvergencí uvidí pacient dva body. Při snaze vidět pouze jeden bod bude muset využít 10Δ fúznívergence. Závěr tohoto testu může být ovlivněn dvěma faktory. Buď pacient nedisponuje tak velkou hodnotou negativní fúznívergence, nebo není schopen stimulovat $2D$ akomodace. Pro určení, který z daných faktorů je u právě vyšetřovaného pacienta přítomen, stačí zakrýt jedno oko. Pokud bod, na který pacient ostří, zůstane rozmazaný, je porucha v akomodačním systému. Pokud se bod zjasní, je limitujícím faktorem negativní fúznívergence. [3]

4.2.2.5. Akomodační odezva metodou *MEM* a metodou zkřížených cylindrů

Při vyšetření oběma metodami předřadíme vyšší hodnoty spojných čoček, pokud pacient vykazuje nižší hodnoty NFV . [3]

4.2.2.6. Shrnutí

U pacienta s esoforií a astenopickými potížemi při práci do blízka budou nálezy v této skupině nižší, než jsou očekávané hodnoty. Metoda zkřížených cylindrů a *MEM* na druhou stranu ukáže na nedostatečnou akomodaci a vyšetření akomodační facility může mít nižší výsledky i za normální amplitudy akomodace. Všechny nálezy této skupiny udávají informace o stavu NFV a schopnosti pacienta kompenzovat esoforii. [3]

4.2.3. Skupina testů akomodačního systému

V této skupině se nachází testy, díky kterým je možné posoudit stav pacientovy akomodace.

4.2.3.1. Amplituda akomodace

Příslušné testy měří přímo akomodační systém daného oka. Pro podezření na problém v amplitudě akomodace nám stačí jedno měření, chceme-li ovšem výsledkům přikládat větší význam, je nutné měření opakovat.

Je-li u pacienta v před-presbyopickém věku zaznamenána nižší hodnota amplitudy akomodace, jedná se o insuficienci akomodace. Ovšem i očekávaná hodnota amplitudy akomodace nám nezaručuje, že oko není postiženo akomodačním problémem. Problém s akomodační schopností, se schopností akomodaci udržet, nebo ji naopak relaxovat, může existovat i přes normální hodnotu amplitudy akomodace. Nutné jsou tedy další testy pro stanovení definitivní diagnózy. [3]

4.2.3.2. Monokulární akomodační facilitace s použitím spojných a rozptylných čoček

Tento test je blíže popsán v kapitole 2, zde jsou uvedeny všechny čtyři možnosti výsledku testu.

- Rychlé reakce při použití spojných i rozptylných čoček ukazují na amplitudu akomodace, která je srovnatelná s normou.
- Pomalé reakce při použití spojných i rozptylných čoček naznačují neschopnost akomodace a dá se předpokládat, že hodnoty *PRA*, *NRA* a binokulární akomodační facility budou také nižší.
- Reakce na rozptylné čočky v normě, ale zároveň neadekvátní reakce na spojné čočky značí nadměrnou akomodaci, akomodační spasmus (křeč akomodace), nebo exces akomodace. Jedná se tedy o nějakou anomálii akomodace, která bývá velmi často spojována s poruchami binokulárního vidění.

Máme-li pacienta s vysokou hodnotou exoforie, vzdálenějším *NPC* a nižší hodnotou *PFV*, bude využívat nadměrnou akomodaci a akomodační konvergenci pro kompenzaci deficitu *PFV*. Delší doba trvání nadměrné akomodace může vyvolat spasmus akomodace a následně sekundární myopii.

- Reakce při předsazení spojných čoček v normě, ale pomalejší při předsazení rozptylných poukazuje na obtížnější stimulaci akomodace, tudíž bude mít pacient sníženou amplitudu akomodace. Dále bude přítomna porucha akomodační schopnosti, na což poukazují i nižší hodnota *PRA* a vyšší hodnota *MEM*. [3]

4.2.3.3. Akomodační odezva

Toto vyšetření nám určí, zda pacient akomoduje správně na danou vzdálenost. Při vzdálenosti předmětu 40 cm (vyšetřovací vzdálenost) by měla být pacientova akomodace 2,5D a očekávaný nález při skiaskopii by se měl pohybovat mezi +0,25D až +0,5D. Hodnoty akomodační odezvy vyšší než norma a nižší hodnoty *PRA* ukazují na sníženou schopnost akomodace. Spasmus nebo exces akomodace vede k hodnotám akomodační odezvy nižším než je norma. [3]

4.2.3.4. Binokulární akomodační facilita

I při normálních hodnotách forie, *PFV*, *NFV* mohou výsledky binokulární akomodační facility naznačit přítomnost akomodační poruchy, nebo problém v závislosti akomodace na konvergenci, jelikož je pacient nucen rychle stimulovat a relaxovat akomodaci. Společně s dalšími výsledky testů, například *PRA* / *NRA* může být takto nalezen původ akomodační poruchy. [3]

4.2.3.5. Shrnutí

Nejlépeších výsledků dosahujeme v testech, kdy je pacient nucen reagovat na velké rozdíly předkládaných čoček a zachovat konvergenci na danou vzdálenost. Tyto testy nejlépe naznačují status akomodace, jelikož se nejvíce přibližují běžnému použití této zrakové funkce. [3]

4.2.4. Skupina testů vertikální fúznívergence

V této skupině jsou obsaženy testy, které mohou být použity pro přímé určování stavu vertikální fúznívergence.

4.2.4.1. Supravergence a infravergence

Infravergence pravého oka je fúznívergence kompenzující hyperdeviaci (oko se stáčí nahoru) pravého oka. Supravergence pravého oka je kompenzační fúznívergence hypodeviace (oko se stáčí dolů) pravého oka. Při vyšetření infravergence a supravergence je užíváno vertikálních prizmat. V případě infravergence je prizma

předkládáno bází dolů, v případě supravergence je orientace předloženého prizmatu opačná. Vertikální pohyb oka není provázán s akomodací, proto by nemělo při měření dojít k jejímu ovlivnění a k rozmazání obrazu. Při vyčerpání příslušné fúzní vergence se tedy obraz rozdvojí. Další z veličin, která hodnotí vertikální fúzní vergenci je vertikální fixační disparita, která je blíže rozebíraná v kapitole 2. [3]

4.2.5. Skupina testů okulomotorického systému

Tyto testy hodnotí stav očních pohybů a okulomotorický systém oka.

4.2.5.1. Status fixace

Tento test hodnotí pacientovu schopnost stabilně fixovat daný cíl. Jedná se o velmi jednoduché vyšetření a lze ho provést se základními pomůckami na danou vzdálenost. Pacient je poučen, aby sledoval daný cíl minimálně po dobu 10s. Poté optometrista subjektivně hodnotí, jak se mu pacientova fixace jevila, zdali byl přítomný nystagmus, křeč atd. [3]

4.2.5.2. Schopnost sakadických pohybů

Nejběžnější metodou pro stanovování sakadických pohybů a plynulých sledovacích pohybů je NSUCO okulomotorický test, což je první standardizovaný test, kde se ve vzdálenosti 40 cm od pacienta nachází dvě fixační značky. Obě z těchto značek jsou přibližně 10 cm od pomyslného středu, kde sedí pacient. Ten je pak vyzván, aby se střídavě díval na pravou a levou značku, aniž by hýbal tělem nebo hlavou. Optometrista hodnotí pohyby hlavy, pohyby těla, pohyby očí a přesnost fixace značek.

Dalším možným testem je visual-verbal format, který hodnotí rozpoznání čísel ze čtecí vzdálenosti. [3]

4.3. Použití systému analýzy a určení odchytky

Symptomy se kterými jsou akomodační a vergenční poruchy, poruchy oční motility, nebo jiné poruchy binokulárního vidění často spojovány jsou tyto: [3]

- nadměrné mrkání
- napětí očí a bolesti hlavy při práci na blízko

- slzení a řezání
- slabá koncentrace
- občasná diplopie při pohledu do stran, nahoru, nebo dolů
- obtíže při pohledu do blízka
- rozmazané vidění
- zakrývání jednoho oka
- pomalé čtení
- přeskakování řádků
- špatné chápání textu
- natáčení hlavy

Pomocí níže uvedených diagramů vyhodnocujeme abnormální hodnoty specifických skupin integrativní analýzy. Diagram na obr. 17 přímo vylučuje problém v oblasti heteroforií.

Pokud je významná forie do dálky a blízka, pak lze použít modré a žluté části celkového diagramu na obr. 17, kde vstupními hodnotami jsou hodnoty forií na dálku a blízko a AC/A poměr.

Pokud není forie významná, pak je možné se omezit pouze na zelenou část grafu a problém může nastat v oblasti akomodace, okulomotorického systému, dysfunkce fúznívergence, významné fixační disparity, latentní hypermetropie, nebo anizeikonie. Dále lze pokračovat podle grafu na obr. 18. Nejčastější je problém v akomodaci, ovšem je-li tato veličina analýzou akomodačních veličin shledána za bezproblémovou, měly by být sledovány okulomotorické problémy, nebo dysfunkce fúznívergence. Pokud jsou i zde výsledky negativní, pak je nutné zkontrolovat fixační disparitu. Nakonec hledáme problém v anizeikonii nebo skryté formě hypermetropie. [3]

Závěr práce

Téma „Binokulární vidění a jeho analýza“ je, dle mého názoru, v oboru Optometrie velmi důležité, i když ještě ne zcela prozkoumané.

Práci jsem rozdělil na čtyři kapitoly. První kapitola pojednává obecně o binokulárním vidění. Druhá kapitola nás provede základním vyšetřením akomodace avergence. Třetí a čtvrtá kapitola je pak věnována analýzám binokulárního vidění. Ve třetí kapitole popisují grafickou analýzu, analytickou analýzu, Morganův systém a analýzu fixační disparity. Čtvrtá kapitola představuje integrativní analýzu a na jejím konci se zabývám grafickým znázorněním vyšetření při použití této metody.

Celá práce by pak mohla sloužit jako zevrubný souhrn možných vyšetřovacích metod.

Metod a postupů při vyšetřování binokulárního vidění a vyhodnocování jeho výsledků je však mnohem více, než dovoluje pojmout rozsah této práce.

Čerpal jsem ze zahraničních zdrojů, protože toto téma není předmětem výuky a v Česku existuje jen velmi málo literatury, která se tímto tématem zabývá.

Myslím si, že správné vyšetření binokulárního vidění může vést ke stanovení přesnější refrakce, která bude pro pacienta daleko komfortnější.

Seznam použité literatury

- [1] HROMÁDKOVÁ, L. *Šilhání*. 2. dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-207-8.
- [2] EVANS, B.et.al. *Pickwell's binocular vision anomalies, fifth edition*. Philadelphia: Elsevier limited, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [3] SCHEIMAN, M., WICK, B. *Clinical management of Binocular vision: Heterophoric, Accomodative and Eye Movement Disorders*. Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 0-7817-7784-1.
- [4] PLUHÁČEK, F. *Nestrabické a akomodační poruchy binokulárního vidění* (výukové materiály), Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- [5] JENKINS T.C.A., PICKWELL L.D., YEKTA A.A. *Criteria for decompensation of binocular vision*. Ophthalmic & Physiological Optics. April 1989, Vol. 9 Issue 2, p121-125, ISSN 02755408.
- [6] GROSVENOR, T. P. *Primary care optometry, fifth edition*. St. Louis, Butterworth Heinemann/Elsevier, 2007. ISBN 978-075-0675-758.
- [7] PLUHÁČEK, F. „*Graf závislosti akomodace avergence*” v Grafická analýza (výukové materiály), Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016.
- [8] Optometry extension program. *Optometry extension program* [online].
Dostupné z: <http://www.oepf.org>
- [9] MORGAN Jr., MEDRITH W. *The clinical aspects of accomodation and convergence*. Optometry and vision science, August 1944, vol. 21, issue 8, p301-313, ISSN 10405488.

[10] PLUHÁČEK, F. „*Analýza křivky fixační disparity*” v *Analýza fixační disparity* (výukové materiály), Univerzita Palackého v Olomouci, 2016.