

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO
V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

ANALÝZA FIXAČNÍ DISPARITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYPRACOVAL:

Michal Hraško

Obor 5345R008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2009/2010

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, PhD.

Čestné prohlášení

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

V Olomouci 2. 5. 2010

.....

Michal Hraško

Poděkování

Rád bych vyslovil poděkování především RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, PhD. za jeho ochotu, čas a vstřícnost nejen během realizace této bakalářské práce a zároveň všem figurantům za jejich trpělivost.

Obsah

Úvod	6
I. Teorie fixační disparity	8
I. 1: Heteroforie, fixační disparita a strabismus	8
I. 2: Analytické přístupy k fixační disparitě.....	10
I. 3: Srovnání obou přístupů.....	17
II. Křivka fixační disparity.....	19
II. 1: Úvod	19
II. 2: Ilustrace prizmaticky indukované fixační disparity	22
II. 3: Princip testování předsazováním prizmat.....	22
II. 4: Parametry křivky fixační disparity	24
Tvar (typ) a sklon křivky.....	24
Střed symetrie	27
Asociační forie, průsečík s osou „x“	28
Fixační disparita, průsečík s osou „y“	29
II. 5: Křivka fixační disparity vynucené změnou sféry a její využití.....	30
II. 6: Klinické možnosti korekce	31
Prizmatická korekce	31
Úprava sférické části korekce.....	33
Zrakový trénink (Vision Therapy)	34
III. Vergenční adaptace.....	35
IV. Praktická část.....	38
IV. 1: Úvod a cíle výzkumu.....	38
IV. 2: Technické parametry testů pro měření křivky fixační disparity.....	39
Funkce fúzních podnětů a jejich vliv na fixační disparitu	39
IV. 3: Vlastní test pro detekci křivky fixační disparity.....	41
Rozměry a konstrukce testu.....	41
Průběh měření.....	43
IV. 5: Sledované parametry a jevy.....	45
IV. 6: Výsledky praktické části	46
IV. 7: Diskuze	48
Závěr.....	51
Seznam použité literatury	53

Úvod

Binokulární vidění je složitý víceúrovňový proces. Pro jeho správné fungování je nezbytná bezchybná spolupráce agonistů a antagonistů z řad okohybných svalů či sensoricky adaptovaných korespondujících polí sítnic. Pomineme-li poruchy úseků zrakové dráhy, jež přesahují hranice oboru optometrie, mnoho odchylek pramenících z poruch okohybných nebo sítnicově-adaptačních složek lze adekvátně změřit pouze v binokulárních podmínkách. Aby bylo takové měření relevantní, musí co nejméně odpovídat přirozeným podmínkám vidění.

V současnosti rozsah většiny v praxi vykonávaných vyšetření mapuje binokulární odchylky pouze na úrovni tonické vergence (heteroforie), přičemž fúzní složky, jež dokážou výslednou odchylku významně ovlivnit, v případné korekci nejsou zahrnuty. Přítomnost fúze^a má během vyšetřování symptomatického pacienta zcela zásadní význam.

V angloamerických či německy mluvících zemích využívají již desítky let ověřené metodické postupy korekce skrytých binokulárních odchylek ve fúzních podmínkách. Tímto způsobem se měří asociační forie^b či (zejména v USA) provádí komplexnější analýza tzv. křivky fixační disparity vynucené změnou vergenčního požadavku (dále jen křivka fixační disparity). Mnoho novějších srovnávacích studií označuje stanovení korekce binokulární odchylky za neoptimálnější právě pomocí analýzy křivky fixační disparity. Největším přínosem takové analýzy oproti měření mnohdy osamocené asociační forie je zohlednění vlivu vergenční adaptace v procesu binokulárního vidění.

Tato bakalářská práce se snaží podrobně teoreticky rozebrat principy, na nichž je analýza křivky fixační disparity založena a popsat jednotlivé parametry, které dohromady klinikovi nabízí ucelený přehled o úrovni i flexibilitě binokulárního vidění. S daným množstvím výstupních dat lze s větší jistotou navrhnout typ korekce, jak je v práci dále ukázáno.

^a Fúze- splynutí dvou stejných nebo lehce disparátních obrazů do jednoho uceleného vjemu. Druhý stupeň binokulárního vidění

^b Asociační forie- minimální prizmatická hodnota, která vykoriguje fixační disparitu

Práce nabízí i stručný přehled německé filosofie korigování fixační disparity, jež je založena výlučně na senzorní adaptaci, a krátké srovnání s filosofií angloamerickou.

Praktická část práce se zabývá zprovozněním vlastního experimentálního testu, jenž s využitím negativní polarizace umožňuje detekovat křivku horizontální fixační disparity při pohledu do dálky. Naměřené hodnoty asociační forie jsou srovnány s již existujícím (avšak ne natolik univerzálním) testem. Jedním z cílů praktické části je stanovení normativních hodnot parametrů, které daný test zkoumá, z výsledků vyšetřeného vzorku asymptomatických subjektů. Naměřené výsledky sledovaných parametrů, postup vyšetřování i diskuze k poznatkům jsou uvedeny v závěrečných kapitolách praktické části. Všechny křivky jsou vyobrazeny v příloze na konci práce.

I. Teorie fixační disparity

I. 1: Heteroforie, fixační disparita a strabismus

Fixační disparita je binokulární zbytková odchylka od symetrického uspořádání foveí^c v rámci Panumova areálu, která přetrvává i po fúzní kompenzaci vergenčního systému.⁽¹⁾

Existují celkem tři typy okohybných deviací: heteroforie, fixační disparita a strabismus. Heteroforie (latentní šilhání) je neuromuskulární odchylka způsobující odlišné postavení očního páru od stavu dokonalé rovnováhy okohybných svalů při pohledu bez fúzních stimulů, tzv. ortoforie⁽²⁾. Pohled bez expozice fúzních stimulů se nazývá pohledem za disociovaných podmínek. Vzhledem k úzké souvislosti heteroforie a fixační disparity bude heteroforie níže popsána podrobněji. Strabismus (manifestní šilhání) je klasifikován jako selhání očního vergenčního systému kompenzovat neuromuskulární nebo sensorickou odchylku během expozice fúzních podnětů.⁽¹⁾

Binokulární vidění vyžaduje takovou souhru okohybných svalů, aby se pohledové osy protínaly ve fixovaném objektu. Pohledové osy jsou udržovány motorickými a sensorickými fúzními mechanismy. Okluzí jednoho oka nastává eliminace sensorické fúze, mozek upřednostní příjem zrakových podnětů z nezakrytého oka a požadovánavergence (neuromuskulární mechanismus umožňující pohledovým osám očí fixovat sledovaný předmět) je stimulována pouze svojí motorickou složkou. Vznikne-li určitá odchylka v postavení očního páru ve srovnání s přítomnou sensorickou fúzí, jedná se o heteroforii, tedy latentní deviaci. Má-li odchylka konvergentní charakter (sbíhavost pohledových os), jedná se o esofoirii. Divergence (rozbíhavost) pohledových os se nazývá exoforie. Vertikální motorické odchylky podle směru deviace uchylujícího se oka klasifikujeme na hyperforie (nahoru) a hypoforie (dolů). Nenastane-li fúzní reflex v binokulárních podmínkách vůbec anebo nefunguje korektně, deviace se stává manifestní a mluvíme o strabismu (šilhání).

^c Fovea centralis retinae (lat.)- centrální jamka sítnice, místo nejostřejšího vidění

Heteroforie se vyskytuje téměř u všech lidí, u většiny má však malou amplitudu. Za normální se při pohledu do dálky považuje heteroforie plně kompenzovatelná prizmatickými čočkami v intervalu 2 pD temporálně (esoforie) – 4 pD nazálně (exoforie). Pro pohled do blízka jsou normální 3 – 6 pD nazálně (exoforie). Vertikální tolerance heteroforie je nízká (do 0,5 pD rozdílu) ⁽³⁾ Schopnost kompenzovat heteroforii je dána mohutností vergenčního systému. ⁽⁴⁾ Velikost heteroforie při pohledu do blízka bývá ještě modifikována prostřednictvím akomodačně-vergenčních vztahů. Symptomatické stavy, u kterých dochází k velkému rozdílu mezi hodnotou heteroforie do dálky a do blízka, nazýváme:

- *insuficience konvergence*: velká hodnota exoforie do blízka a malá (případně normální) exoforie do dálky
- *exces konvergence*: větší hodnota konvergence do blízka než do dálky
- *insuficience divergence*: esoforie na dálku větší než do blízka (ta může být nulová)
- *exces divergence*: exoforie na dálku větší než do blízka

Pacienti s excesem nebo insuficiencí konvergence budou mít potíže s vizuálními úkoly do blízka, zatímco pacienti s problémy divergence pocítí symptomatické obtíže při vidění do dálky. Mezi tyto potíže patří zejména: únava po krátké době, občasné rozostřené či dvojité vidění, bolesti hlavy, očí a podobně.

Většina pacientů s heteroforií nepociťuje žádné výše uvedené symptomy, dokáží ji tedy kompenzovat zvýšeným vergenčním úsilím (mluvíme o mohutné vergenční adaptaci zrakového systému). Určité množství pacientů však obtíže má. V těchto případech existuje podezření na tzv. *dekompenzovanou heteroforii*.

Dekompenzovanou heteroforii, která vnáší do zrakového systému stres, obvykle doprovází přítomnost *fixační disparity*. Fixační disparita tedy může být indikátorem *stresu*, který je do vergenčního systému vnesen dekompenzovanou heteroforií (tzv. stresový model fixační disparity). Na základě studia fixační disparity lze díky probíhající binokulární fúzi stanovit optimální korekci odchylky přesněji než při korekci heteroforie. Přítomnost fixační disparity však nutně nemusí s heteroforií souviset. Pak se jedná o tzv. chybový

model. Objasnění chápání fixační disparity z různých pohledů je provedeno v následujících kapitolách textu.

V závažnějších případech může heteroforie vést až k *supresi* (potlačení vejmu jednoho oka při velkém rozdílu obrazů z obou očí). Nelze obecně tvrdit, že všechny malé hodnoty heteroforie jsou kompenzované a naopak, všechny větší odchylky vedou k dekompenzaci. Pro posouzení úrovně kompenzace heteroforie vergenčním systémem existuje několik testů^d. U všech testů musí být eliminována senzorická fúze.⁽³⁾

I. 2: Analytické přístupy k fixační disparitě

Již dávno si lidé v oboru oftalmologie a optometrie všimli různých „posunů“ či „skluzů“ během sledování testovacích obrazců odděleně pro obě oči. V roce 1949 Američan Kenneth N. Ogle publikoval výsledky svého výzkumu binokulárního vidění v oftalmologickém periodiku *American Journal of Ophthalmology*, kde zpopularizoval užití pojmu fixační disparita.

Strategie vyhodnocování a řešení fixační disparity u pacientů se v anglické a německé odborné literatuře do určité míry liší. V anglicky mluvících zemích dominuje tzv. strategie motorického vyhodnocování. Binokulární systém čelí vergenčnímu požadavku přesně stanovené velikosti, který je uměle navozen předsazováním prizmat. Za těchto podmínek lze naměřit spektrum hodnot fixační disparity, jež vzniká neúplnou kompenzací vergenčního požadavku. Tyto hodnoty jsou graficky vynášeny na *křivku vynucené fixační disparity* (vergenční- motorická etiologie). Jednotlivé komponenty výsledné křivky jsou analyzovány a na základě těchto dat se stanoví optimální terapie (aplikováno v USA již zhruba 30 let).

V německy mluvících krajinách Evropy převažuje odlišný přístup založen na korekci senzorické složky zraku. Fixační disparita je považována za projev senzorické adaptace na malou odchylku od bifoveolární korespondence v rámci Panumova areálu. Postupem času se senzorická adaptace rozšiřuje z centrální do více periferních oblastí Panumova areálu. Tím se fixační disparita daného systému stabilizuje (její hodnota se nemění). Pomocí testů

^d Jedná se o zakrývací test, modifikovanou Thoringtonovou metodu s využitím Maddoxova kříže a Von Graefeho metodu

o různé konfiguraci se určí směr a míra sensorické adaptace, na základě které je následně stanovena optimální terapeutická korekce.

O přítomnosti fixační disparity svědčí fakt, že fovea jednoho oka je mírně odkloněna od binokulárně vnímaného cíle. Nevykazuje-li binokulární systém žádnou fixační disparitu, znamená to precizní bicentrální fixaci foveolami sítnic obou očí při pohledu (fixaci) na určitý bod v konečné vzdálenosti před očima. V případě výskytu fixační disparity udržuje foveolární fixaci pouze dominantní oko. Druhé oko je mírně (zvně nepozorovatelně) odchýleno. Při zakrytí dominantního oka, například při intermitentním zakrývacím testu, odchýlené oko vykoná nepatrný refixační pohyb, pozorovaný obraz se promítne přímo do jeho foveoly. Tento fenomén se nazývá „mini-strabismus v rozsahu Panumova areálu“. Nejedná se o manifestní strabismus.

Fixační disparita, jak již bylo spomenuto, úzce souvisí s heteroforií. Lze předpokládat její paralelní koexistenci u mnoha jedinců z celkových 95 procent lidí, jež mají (většinou kompenzovanou) heteroforii.⁽¹⁾

Clifton Schor⁽⁵⁾ (v současnosti Professor of Vision Science and Optometry na Universtity of California, Berkeley) v roce 1980 ve své odborné práci poukázal na situaci, kdy fixační disparita slouží jako záměrná stabilní chyba („a steady-state error“), jež včasným varováním stimuluje rychlou složku vergenčního systému před zahájením rozpadu fúznívergence k její opětovné reaktivaci.⁽¹⁾ Tato situace je dnes známá pod označením chybový model fixační disparity. Většinou je přítomna nízká hodnota fixační disparity a zrakový systém je podpořen mohutnou vergenční adaptací.

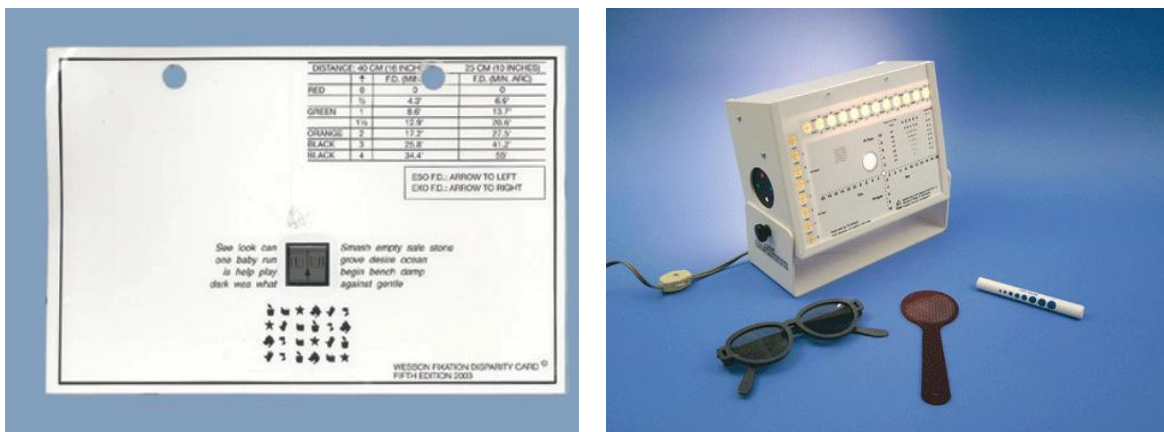
Motorický přístup

Motorický přístup je značně rozšířen v anglicky mluvících zemích. Často však bývá jeho hlavní klinickou částí pouze měření hodnoty *asociační forie*, tedy minimální prizmatické hodnoty redukující fixační disparitu na nulovou hodnotu. Klinická aplikace komplexnějšího přístupu analýzy křivky fixační disparity vynucené změnou vergenčního požadavku (dále jen křivka fixační disparity) dosahuje významnou roli v diagnostice symptomatických pacientů. Tuto metodiku začal prosazovat americký optometrsta J. Sheedy. Pacient během takového vyšetření sleduje polarizační test, který zobrazuje

například stupnici noniových^e čar fixní velikosti a referenční čáru (viz obr. 3). Tato je při nulové fixační disparitě zobrazena v jedné rovině se středovou noniovou čarou stupnice. Test musí být polarizací rozdělen tak, aby jedno oko vnímalo pouze noniovou stupnici a druhé zbylou referenční čáru. Současně jsou pacientovi prezentovány i podněty společné pro obě oči (například centrální fúzní podnět se znaky „O X O“). Cílem vyšetření je stanovení optimální korekce, přes kterou pacient vidí obě části testu zarovnaně, tj. referenční čára je zarovnána pod středovou čarou stupnice. ⁽¹⁾ Realizaci testu a podmínkám testování se podrobně věnuji v praktické části práce (IV. kapitola).

Cíl testování teda spočívá v záznamu hodnoty fixační disparity navozené změnou vergenčního požadavku s použitím hranolů o určitém prizmatickém efektu. Z naměřených hodnot vznikne v souřadnicové soustavě křivka hodnot *fixační disparity* vynucené změnou vergenčního požadavku („*forced vergence fixation disparity curve*“).

V současnosti jsou pro generování křivky nejrozšířenější pomůcky- Sheedyho disparometr (obr. 4) a „Wesson card“ pro detekci křivky na čtecí vzdálenost 40 centimetrů. ⁽¹⁾ Pro testování do dálky (obvykle na 6 m) existuje „Woolf Card“. ⁽⁶⁾ Nejnovějším testem pro detekci křivky fixační disparity do blízka je „Saladin Near Point Balance test.“ ⁽¹⁾



Obrázek 1: Wesson Card (vlevo) a Saladin Near Point Balance Test (vpravo) ⁽⁷⁾

Výhody diagnostického testování pomocí křivky vynucené fixační disparity spočívají v komplexitě výsledků, které zkušenému vyšetřujícímu poskytnou data o

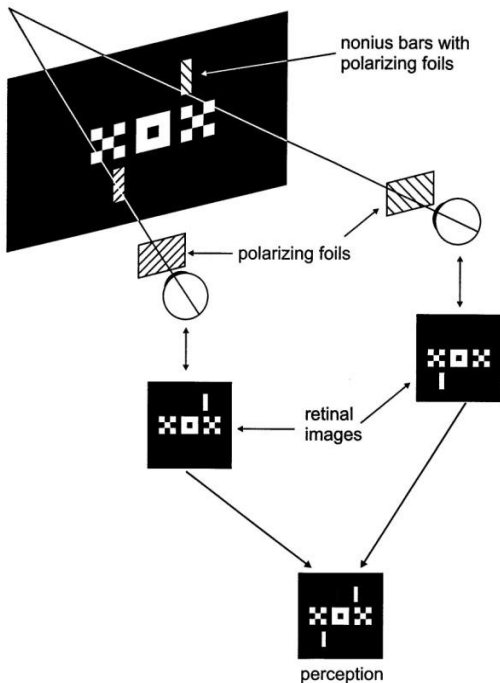
^e Zde jsou noniové čáry chápány jako stupnice čar, která je polarizací oddělena pouze pro vjem jedním okem. Vedle toho je ještě referenční čára (šipka), kterou vnímá pouze druhé oko

mohutnosti a rozsahu vergenční adaptace, rozsahu fúze v rámci jednoduchého binokulárního vidění, typu a velikosti úhlové odchylky fixace (teda fixační disparity) i posouzení vhodnosti prizmatické korekce, sférické modifikace korekce či aplikace zrakového tréninku. Částečnou polarizací za přítomnosti fúzních podnětů lze detekovat i velmi malé úhlové odchylky fixace.

Oční pár je udržován v absenci fixačních podnětů tonickou vergencí v určité vzájemné klidové poloze. Po představení fixačního objektu v určité vzdálenosti vergenční systém pomocí proximální a akomodační vergence oči natočí tak, aby paprsky dopadaly současně do foveí obou sítnic. Významnou roli na preciznosti tohoto děje zastává *fúzní (disparátní)* složka vergence. Obstarává jemné doladění pozice očního páru během binokulárního vidění. V ideálním případě světelné paprsky po intervenci všech vergenčních složek dopadají přímo do foveí centralis obou očí.

Vyšetřovaný pak vidí v asociovaných podmínkách testování fixační disparity noniové čáry zcela zarovnané s referenční čarou, fixační disparita není. Fixační disparita je

horizontal fixation disparity

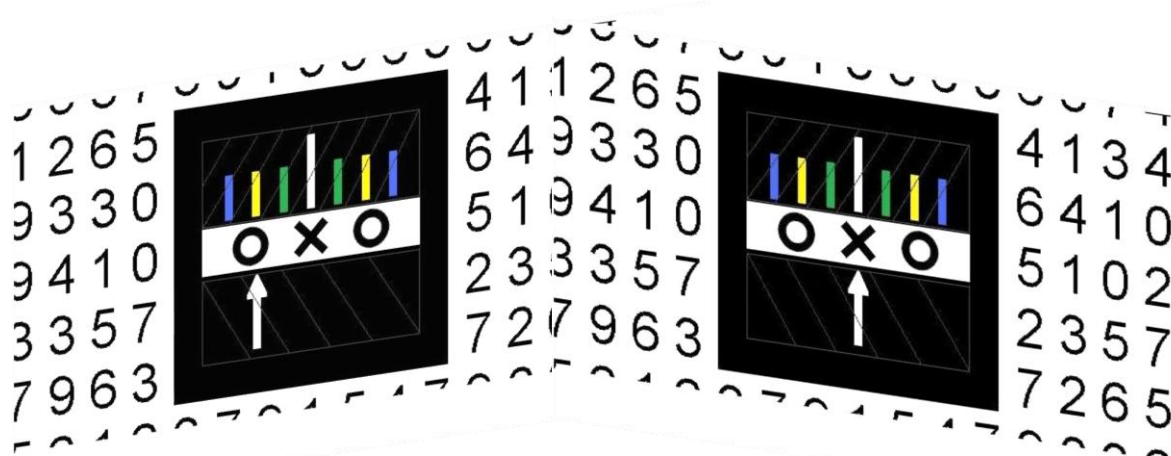


však v malých hodnotách manifestována ve většině vyšetřovaných případů. Během testování lze sledovat velikost i směr odchylek fixace (tj. fixační disparitu).

Při pohledu na polarizovaný test přes představené analyzátoři dopadá na sítnici jednoho oka světlo z odkryté, například vrchní polarizované části, přičemž ze spodní části s polarizací otočenou o 90° nedopadá do téhož oka žádný signál (černé pole). Na druhém oku je situace opačná. Toto oko tedy vnímá světlo ze spodní části, která je pro první oko zakryta, a nevnímá zbylou vrchní část. Zraková centra mozku se snaží díky přítomnosti nepolarizovaných fúzních podnětů spárovat signály přicházející ze všech korespondujících míst

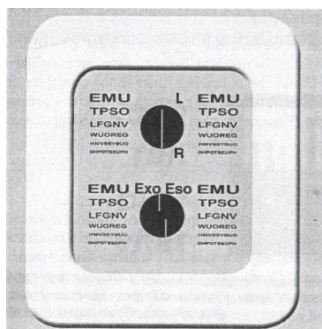
Obrázek 2: Princip detekce horizontální fixační disparity s využitím polarizace pro separaci vnímaných obrazů pomocí noniových čar (nonius bars). Převzato z⁽¹⁵⁾ a upraveno.

obou sítnic (superpozice, pak fúze). Podaří se jim to v případě, že signály z korespondujících míst sítnic obsahují podobné obrazy (které mohou být v rámci Panumova areálu posunuty nebo různě veliké). Signály z polarizací oddělených dvou oblastí však sensorický systém vzájemně překrýt nedovede. Vyšetřovaný tedy vnímá polarizované oblasti monokulárně (v těchto oblastech fúze není přítomna, přičemž všude kolem tato fúze probíhá), díky čemuž lze pozorovat vzájemnou polohu obrazů z těchto oblastí během přirozeného binokulárního vidění. Případné rozdíly v pozici (jinak zarovnaných) obrazů jsou pak prokazatelně způsobeny fixační disparitou.



Obrázek 3: Nekorigovaná fixační disparita (vlevo) a nulová hodnota FD při asociační forii (vpravo). Design testu je založen na klinicky oblíbené Wesson card). Noniová stupnice a referenční šipka jsou vnímány každá jiným okem. Čísla kolem testu slouží jako periferní fúzní podněty.

Existují dva způsoby měření pomocí noniových čar. Prvním je měření asociační forie (tedy prizmatické korekce potřebné k zarovnání noniových čar pod sebe u horizontální, případně vedle sebe u vertikální fixační disparity). Vyšetřovaný pozoruje v asociovaných podmínkách přes polarizační analyzátoři noniové čáry (např. šipka a stupnice), přičemž jsou-li vůči uspořádání bez polarizace vzájemně posunuty, hledá se prizmatická hodnota, která objekty opětovně zarovná. Tento je princip aplikován u Wesson card i Saladin Near Point Balance test (detekce FD při pohledu do blízka). Pro



Obrázek 4: Sheedyho Disparometr. ⁽⁶⁾ Slouží k měření vertikální (horní kruh) i horizontální fixační disparity (spodní kruh). Před samotným měřením se noniové čáry pomocí otočných skrutek nastaví do polohy 10" exo disparity. Hlásí-li vyšetřovaný odchylku od zarovnání určitým směrem, vyšetřující otáčí šrouby v odstupňovaných intervalech do chvíle, než vyšetřovaný zahlásí zarovnání. Po zaznačení nulové polohy vyšetřovaný pokračuje v otáčení šrouby, dokud vyšetřovaný poprvé nespátří posunutí čar v opačném směru. Tím se zjistí interval různých hodnot fixační disparity při daném vergenčním požadavku, jež je zaznačen v grafu křivky fixační disparity. Aktuální hodnota disparity leží uprostřed. Čím je tento rozsah menší, tím je fixace přesnější.

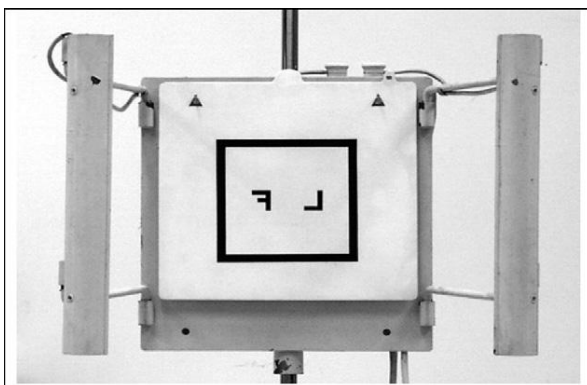
pohled do dálky se používá Woolf card. Druhou možností je měření na Sheedyho disparometru (obr. 4). Vyšetřovaný pozoruje polarizované noniové čáry uvnitř černého kruhu, jenž při vyšetřovací vzdálenosti 40 centimetrů svírá pohledový úhel $1,5^\circ$ a slouží jako fúzní podnět. Na disparometru pohybuje s noniovými čarami pomocí rotačních skrutek tak, aby byly v koincidenci, každá s pohledovou osou příslušného oka (tj. vyšetřovaný je vidí zarovnané). Ze stupnice disparometru je pak patrná hodnota i směr fixační disparity. Poloha noniových čar reflektuje pozice pohledových os během fixace (například u exo disparity je čára vnímána pravým okem posunuta doleva a u levého oka je zase posunuta doprava).⁽⁸⁾

Kromě analýzy křivky fixační disparity existují pro komplexní vyšetřování binokulárního vidění zejména v USA ještě:⁽⁹⁾

- grafická analýza- vychází z testování disociované forie, fúzních rezerv, relativní akomodace, amplitudy akomodace a blízkého bodu konvergence
- analytická analýza- založena na principu testování na 21 specifických testech, srovnávání naměřených hodnot s normami, seskupování dat a následném rozdělení případů do skupin podle převládajících symptomů (například vergenční poruchy, akomodační poruchy apod.)
- integrativní analýza- vychází z tzv. normativní analýzy, sbírá data z oční motility, akomodační a vergenční facility, MEM retinoskopie i z fixační disparity

Senzorický přístup

Rozvoj v Německu v druhé polovině 20. století. Posuzuje adaptaci senzorického systému na vzniklou fixační disparitu. Nezatěžuje vergenční systém změnami prizmatického efektu, zkoumá se bez zvýšených požadavků na fúzi. Prvním testem založeným na senzorické filosofii byl „Turville’s Infinity Balance“ test. Albert Edward



Obrázek 5: Turvillův "infinity balance test"⁽¹⁾

Turville v březnu 1937 použil pět různých testů pro dosažení binokulární rovnováhy a změření heteroforie, aniseikonie či stereopse. Test tvořily písmena L a F ohraničené černým rámečkem (periferní fúzní podnět). Písmena byly vnímány přes zrcadlo, na kterém byla upevněna přepážka



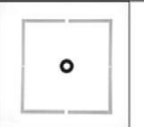


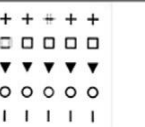
oddělující obrazy pro každé oko zvlášť. V případě ortoforie vnímal vyšetřovaný písmena odděleně.

V 50. letech 20. století vyvinul německý optický mistr Hans Joachim Haase nový systém polarizačních testů ve snaze vylepšit původní vlastnosti Turvillova testu pro měření asociační forie a fixační disparity. Tento systém funguje na bázi pozitivní polarizace (tj. černé znaky na bílém pozadí) a Haase mu dal název Polatest. Testovací obrazce jsou polarizovány v osách 45° a 135° , přičemž bílé pozadí polarizováno není. Tato konfigurace přináší vysoký kontrast a minimální výskyt paobrazů. Pomocí měření na své nové instrumentaci sestavil Haase úplně nový model sensorické adaptace. Fixační disparita je vnímána prostřednictvím *foveální korespondence*, přičemž během binokulárního pohledu je fovea alespoň u jednoho oka odkloněna od fixace pozorovaného objektu. Haaseho přístup nehodnotí motorické fúzní rezervy, předpokládá teda vznik fixační disparity i při malé heteroforii.

Haase rovněž věřil, že fixační disparita se vyvíjí předvídatelným způsobem. Pokud fúzní rezerva plně kompenzovala vergenční požadavek, výslednou situaci nazval „motoricky plně kompenzovanou heteroforií.“ Nestačila-li odpovídající fúzní rezerva vergenční požadavek úplně zkompenzovat, vzniklé napětí (stres) vergenčního systému způsobilo malou úhlovou odchylku fixace (termín úhlová odchylka fixace je adaptován z publikace „R. Krüger: *Praktický seminář pro práci s Polatestem®*“ a označuje fixační disparitu). Podle Haaseho je prvním krokem k vzniku trvalé fixační disparity právě dočasný posun v rámci Panumova areálu, který později pojmenoval jako *fixační disparita I. typu* nebo *disparátní fúze*.

Pokud tato dočasná disparátní fúze přetrvává určitý čas, sensorická změna korespondence způsobena touto disparátní fúzí mezi foveou jednoho oka a místem nepatrně odchýleným od fovey na druhém oku v rámci Panumova areálu nabývá stabilitu. Oblast takto adaptované korespondence se postupně zvětšuje (pořád v rámci Panumova areálu, v ojedinělých případech se Panumův areál zvětší). Tento stav Haase nazval *disparátní korespondence*, dnes mu odpovídá termín *fixační disparita II. stupně*. Dělí se do šesti podskupin. První tři popisují vývojově mladší, méně adaptovanou disparátní korespondenci, čísla 4 až 6 reprezentují starší, více utvrzenou. Taková korespondence je

velmi podobná anomální retinální korespondenci (tj. adaptace na dlouhodobé šilhání bez amblyopie či suprese), avšak týká se pořád téhož (někdy i zvětšeného) Panumova areálu, tj. situace nevyústí v dvojité vidění (a proto nevznikne autentická anomální retinální korespondence, která je výsledkem adaptace na vzniklé dvojité vidění).⁽¹⁾

					
Cross test	Pointer test	Rectangle test	Stereo test 20 or 11 min disparity	Stereo-Balance test, 20 or 11 min disparity	Stereo Acuity test, smallest stereo acuity 15"
- Weak peripheral fusion lock - No central Fusion lock	- Strong peripheral fusion lock - Strong central fusion lock	- Weak peripheral fusion lock - Strong central fusion lock	- Weak peripheral fusion lock - Strong central fusion lock	- Weak peripheral fusion lock - Strong central fusion lock	- Weak peripheral fusion lock

Obrázek 6: Sekvence testů sensorické metodiky MKH⁽¹⁾: (zleva) křížový test (detekce FD I. stupně), ručičkový test (pro vývojově mladší FD II. stupně), hákový test (aniseikonie, vertikální FD), stereo test (posouzení stereopsie srovnáním horizontální šíře Panumova areálu během zkřížené a nezkrížené projekce, detekce utvrzených FD II. stupně), stereo balanční test (kvalitativní srovnání binokulární percepce a korekce případné prevalence jednoho oka), test stereoskopické ostrosti (posouzení kvality stereopsie)⁽¹⁾

I. 3: Srovnání obou přístupů

Oba přístupy se snaží determinovat, zda se jedná o fixační disparitu jako projev správné funkce detektorů disparity (tzv. chybový model) anebo o potíže působící odchylku u symptomatických pacientů (tzv. stresový model). Chybový model je považován za způsobující lehce disparátní zobrazení binokulárně vnímaného objektu, přičemž podobné obrazy z obou očí jsou sensorickou fúzí v zrakových centrech mozku převedeny do třírozměrného objektu. Tvůrci německé metodiky MKH- Haase, Pestalozzi, Goersch a Wulf- popsali asymptomatickou fixační disparitu jako normální formu anomální retinální korespondence probíhající za působení sensorické adaptace v rámci (někdy i zvětšeného) Panumova areálu u nestrabických očí. Tuto tezi potvrdili zjištěním odlišných směrových hodnot při monokulárním a binokulárním pohledu.

Tradiční angloamerický grafický přístup hodnotil výsledky grafické analýzy založené na disociované forii, tj. bez přítomnosti jakýchkoliv fúzních podnětů. Tato heteroforie byla kompenzována fúzní vergencí. Později se přidala analýza křivky fixační disparity, která byla vygenerována změnou vergenčního požadavku předkládáním prizmat o různém účinku. Základním předpokladem analýzy je existence rozdílné neuromuskulární

odchylky v postavení očí spolu s akomodačně-vergenčními interakcemi během monokulárního a binokulárního pohledu. Spříchodem měření dalších parametrů v asociovaných podmínkách se začalo kalkulovat i s působením vergenční adaptace a proximálnívergence, což v disociovaných podmínkách vyšetřování možné nebylo. Dnes převládá grafická analýza pohledu na blízké vyšetřovací vzdálenosti. Výsledkem může být prizmatická korekce, úprava sférické korekce či zrakový trénink (vision therapy).

Senzorická analýza MKH s převládajícím testováním na „nekonečnou“ vzdálenost se omezuje na výlučně prizmatickou korekci fixační disparity. Haase doporučil používat plnou prizmatickou korekci bez ohledu na její velikost. V roce 1995 toto doporučení sám omezil pouze pro sensoricky utvrzenou fixační disparitu II. stupně. V tomto stupni parciální prizmatická korekce neposkytne optimální binokulární vidění, protože jedna pohledová osa bude ležet někde mezi foveou a disparátním místem uchýleného oka propojeným s foveou druhého oka v rámci Panumova areálu. Tato situace nutí vergenční systém pomocí fúzních rezerv překonávat danou prizmatickou korekci a vracet pohledovou osu uchýleného oka zpět do sensoricky utvrzeného místa mimo foveu.

Mnoho optometristů klinicky uplatňujících motorický přístup pokládá sensorickou metodiku MKH za rozporuplnou. Mezi jejich hlavní připomínky se řadí plná prizmatická korekce bez posouzení vlivu prizmatické adaptace (tj. pomalé složky vergenční adaptace podle ⁽⁴⁾), dále chirurgie okohybných svalů u nestrabických odchylek či ve velké většině absence měření odchylek FD do blízka.

Podle výsledků rozsáhlé studie Německé Optické Asociace (ZVA) provedené v roce 1998 dotazníkovou formou u 36 privátních optometristů v Německu a Švýcarsku pomohla korekce fixační disparity s použitím metodologie MKH zlepšit zrakovou ostrost u zhruba 45 procent jejich symptomatických pacientů. Dále tato metodika pomohla úplně odstranit migrény a bolesti hlavy u necelých 60 procent či odstranit pocit suchého oka a obtíže při práci do blízka u téměř 50 procent tázaných respondentů. Navíc mnoho optometristů, oftalmologů a ortooptiků po celém světě věří v úzkou souvislost mezi fixační disparitou a potížemi během čtení. Proto se zejména v západní Evropě a USA mnoho dyslektických dětí podrobuje mimo jiné vyšetřování binokulárního vidění, či už motorickým nebo sensorickým přístupem. ⁽¹⁾

Studie provedena Dr. D. Pestalozzim (jedním z tvůrců MKH) v Německu zkoumala 376 dyslektických dětí. U 60 procent pomohla korekce fixační disparity metodou MKH podstatně zlepšit čtení a psaní, 11 procent dosáhlo úplného odstranění poruchy, u 17 procent došlo k menšímu zlepšení a 12 procent nezaznamenalo žádné úspěchy. Autoři v závěru studie tvrdí, že energie vynaložena na kompenzaci fixační disparity může být ušetřena nošením prizmatické korekce. Děti po korekci snadněji čtou, píšou, jsou více usmívavé a ve škole dostávají dobré známky. Autoři proto navrhují podrobit každý suspektní případ dyslexie kompletnímu oftalmologickému a optometristickému vyšetření zahrnujícímu přímo korekci fixační disparity.⁽¹⁰⁾

II. Křivka fixační disparity

II. 1: Úvod

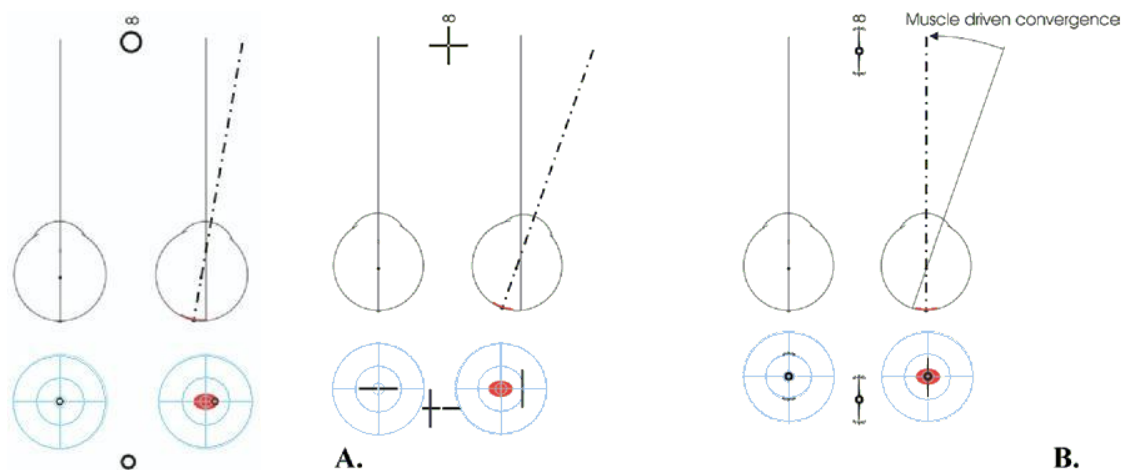
Vyšetřování fixační disparity se děje v asociovaných podmínkách, tedy v přítomnosti fúze. Je tedy jakousi nadstavbou vyšetřování heteroforií, které probíhá v binokulární disociaci (eliminace fúze, evaluace pouze motorické složkyvergence). Americký doktor optometrie B. Wick zjistil, že „*vergenční odchylka v binokulárních podmínkách (fúze) často nebývá shodná s odchylkou v monokulárních podmínkách.*“⁽¹¹⁾ Mohou tedy nastat situace, kdy pacient manifestuje binokulární potíže, přičemž konvenční analýza heteroforie a fúzních rezerv neodhalí jednoznačné příčiny symptomů. V takových případech nebo při posuzování vhodnosti prizmatické korekce se naskytá prostor pro detekci fixační disparity.^(11 stránky 8-9) K tomu se obvykle používá Woolf Card či Malletova jednotka do dálky, do blízka Wesson Card, Saladin Near Point Balance Test (viz obr. 5), Sheedyho Disparometr nebo Malletova jednotka do blízka či německý Polatest^f.



Obrázek 7: Malletova jednotka do blízka (vlevo), do dálky (vpravo)⁽¹⁶⁾

^f Polatest je zde zmiňován pouze z důvodu shody technického provedení, které odpovídá kategorii testů pro měření asociační forie. Autor respektuje odlišnou německou filozofii, jež se nezabývá analýzou křivek fixační disparity.

Některé tyto instrumenty (Malletovy jednotky, Polatest- viz poznámka f) umožňují pouze změřit hodnotu asociační forie, tedy prizmatickou hodnotu neutralizující vnímanou odchylku způsobenu fixační disparitou. Dnešní studie ovšem ukazují na nedostatek klinických dat pocházejících z měření osamocené asociační forie. Náhradou má být analýza *křivky fixační disparity*. Indikací použití analýzy je horizontální deviace. Pro vertikální odchylky postačí časově méně náročné měření asociační forie (K. N. Ogle a Prangern zjistili linearitu křivek vertikální fixační disparity⁽⁴⁾). Jiné analytické metody pro korekci horizontálních deviací, jak prokázali Sheedy a Saladin, inklinují k vyšším hodnotám prizmatického účinku.⁽¹¹⁾ Než se začal používat Sheedyho disparometr, Wesson Card nebo Saladin Near Balance Point Test na blízko či Woolf Card pro testování do dálky (jež umožňují shromáždit všechna data pro křivku FD), pracovali optometristé s Malletovými jednotkami a dalšími instrumenty umožňujícími měření alespoň hodnoty asociační forie.
(6)



Obrázek 8: Vlevo: Disparátní zobrazení na sítnici: ⁽¹⁾ Fúzní podnět (kroužek) dopadá z dálky do fovey levého oka, pravé se při binokulárním pohledu uchyluje temporálně. Kroužek dopadá k temporální hranici Panumova areálu (vyznačen červeným elipsoidním polem), obrazy jsou sensoricky fúzovány do jednoho.

Obr. střední „A:“ Kříž (disociované zobrazení). Levé oko vnímá pouze horizontální rameno, pravé vertikální, žádný společný prvek k fúzi. Ve výsledku ramena neutvoří kříž, zobrazí se odchýlně, manifestuje se heteroforie ve směru „exo.“

Obr. vpravo „B:“ Test pro detekci fixační disparity. Stejný oční pár z obr. „A“ tentokrát fixuje centrální fúzní podnět (kroužek), jehož fúze eliminuje exoforii. Okohybné svaly uchylující se oko stočí dovnitř (vergenční adaptace), oddělené vjemy (stupnice promítnuta na levém, čáry na pravém oku) se zobrazí v rovině, tj. uprostřed Panumova areálu. Oko tedy manifestuje exoforii (obr. „A“), avšak fúznívergence kompenzuje fixační disparitu.

Výhoda binokulární analýzy křivky fixační disparity při prezenci fúze spočívá kromě blízkosti k naturální povaze vizuálních podmínek i ve validitě dosažených výsledků. Například u přibližně jedné třetiny symptomatických pacientů se vyskytuje tzv. *paradoxní*

fixační disparita, která vykazuje opačný směr, než směrová odchylka pacientovy heteroforie. Korekce pouhé heteroforie u této skupiny pacientů může jejich symptomy ještě zhoršit. ^(12 str. 59)

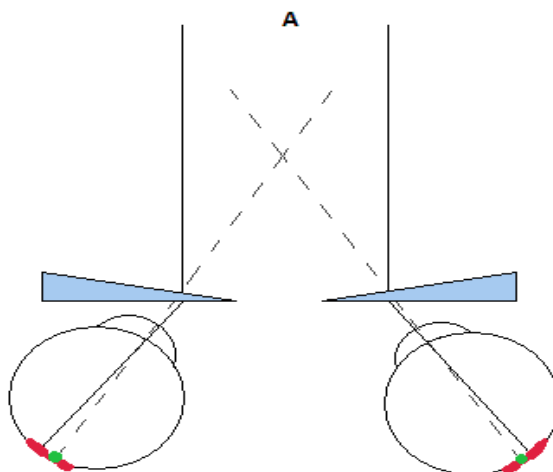
Testování fixační disparity nám umožňuje vynechat analýzu heteroforie. Jsme schopni přímo změřit zbytkovou odchylku během fúze, a to subjektivně, kdy vyšetřovanému pomocí prizmat nebo sférických čoček srovnáváme vzájemnou polohu například referenční šipky (čáry) vnímané jedním a stupnici noniových čar vnímanou druhým okem (viz obr. 3). Při práci s disparometrem pacient otáčením šroubů zarovnává noniové čáry, ze stupnice se pak odečte objektivní hodnota fixační disparity.

Klinické studie potvrdili vztah parametrů křivky fixační disparity se symptomatologií vyšetřovaných pacientů a jejich následné odstranění nebo alespoň zmírnění správně zvolenou terapií. Na výsledné křivce fixační disparity se podílí dvě složky- změna směru pohledových os očí a vlastní motorická změna. K tomu působí i sensorický faktor (pravděpodobná příčina difference odchylek fixační disparity a heteroforie). Může negativně ovlivnit snášenlivost výsledné korekce. V současné podobě testování fixační disparity zahrnuje jak motorické tak i sensorické komponenty vidění. Sensorický komponent obsahuje i přeskupování korespondujících míst sítnice v binokulárních podmínkách (tzv. „sensory remapping“). ⁽⁶⁾ Tento jev popisuje i sensorický přístup německé metodiky MKH pomocí pojmu *disparátní korespondence*. Pro německou filosofii jsou stěžejnými právě sensorická adaptace a korespondence *disparátních sítnicových oblastí*.

Dalším důležitým argumentem proč podrobovat pacienta vyšetřování fixační disparity, je provázanost *akomodace s vergencí*, kterou lze komplexně prozkoumat v podmínkách binokulární fúze jedině pomocí měření křivek fixační disparity (do dálky i do blízka). Měření křivky fixační disparity při pohledu do blízka klade zvýšené nároky na akomodační i proximální složku vergence. Amplituda výsledné konvergence se od pacienta k pacientovi liší a je dána velikostí poměru konvergence navozené změnou hodnoty akomodace (tzv. *AC/A* poměrem). ⁽¹³⁾ Křivka rovněž umožňuje posoudit terapeutický efekt kombinace sféro-prizmatické korekce či zrakového tréninku a určit vhodný postup směřující k vývoji optimálních binokulárních reakcí.

Krajní hodnoty testování křivky fixační disparity mapují horizontální hranice Panumova areálu a zároveň odpovídají rozsahům jednotlivých fúzních rezerv (pozitivní a negativní fúznívergence).

II. 2: Ilustrace prizmaticky indukované fixační disparity



Obrázek 9: Prizmaticky navozená exo-fixační disparity (pohled shora). Předsazené klíny s temporálně orientovanými bázemi odklonily chod rovnoběžných paprsků od vzdáleného pozorovaného objektu temporálně od foveí (chod paprsků je označen plnou čarou, fovey zeleným kroužkem). Nastává rozdvojení výsledného obrazu. Vergenční systém se snaží vykonat dostatečně silný konvergenční pohyb oční páru, aby obnovil dopad odkloněného světla do foveí. Vyčerpá-li přitom určité množství odpovídající fúzní rezervy a předmětové paprsky pořád nedopadají přímo do centra nejostřejšího vidění, oči konvergují méně, než je požadavek a vzniká prizmaticky navozená fixační disparity. Dopadá-li světlo i přes to do míst sítnice v rámci Panumova areálu (vyznačen červenou plochou), jednoduché binokulární vidění zůstává zachováno (pod značným vergenčním stresem).

II. 3: Princip testování předsazováním prizmat

Křivku tvoří naměřené hodnoty fixační disparity při vergenčním požadavku o určité intenzitě a směru zobrazeny v souřadné soustavě. Nárůst hodnot na ose „x“ představuje nárůst vergenčního požadavku (v prizmatických dioptriích- pD) na fúzní rezervy. Osa „y“ seskupuje hodnoty indukované fixační disparity. Záporné hodnoty osy „x“ tvoří divergenční požadavek (base-in), hodnoty konvergenčního požadavku (base-out) tvoří její kladnou část. Na kladné části osy „y“ jsou zaznačeny hodnoty eso-fixační disparity, na záporné straně se nacházejí hodnoty fixační disparity typu „exo“. Zvyšující se vergenční požadavek na fúzi obvykle vyvolá zvětšenou odchylku od bifoveální fixace, tj. nárůst velikosti fixační disparity. U detekce křivky horizontální fixační disparity orientujeme prizmatické čočky bází nazálně (k nosu, bází dovnitř, angl.: base-in= „BI“) a temporálně (ke

spánkové kosti, angl.: base-out= „BO“). Prizmatická čočka před okem orientována bází dovnitř (BI) indukuje kompenzaci ze strany negativní fúzní vergence, tj. divergentní fúzní pohyb oka (tzv. „exo“ směr). V analýze křivky fixační disparity tedy soubor nazálních prizmat testuje schopnost vergenčního systému oka (zároveň i očního páru) divergovat. Úhlová odchylka místa dopadu prizmaticky odkloněných paprsků (po kompenzaci vergenčního systému) od fovey vyjadřuje velikost fixační disparity. Existuje-li bifoaleální korespondence (tj. nulová fixační disparita), předsazené prizma o určité hodnotě s bází nazálně odkloní dopad paprsků na sítnici (nedochází přitom k změnám vergence paprsků) od fovey daného oka nazálně. Vergenční systém narušení binokulárního vidění okamžitě kompenzuje odpovídajícím pohybem oka (*fúzní divergence*) a následně obrazy znovu fúzuje. Analogicky systém pracuje při otočení orientace báze o 180 stupňů (temporálně). To způsobí posun dopadajícího světla temporálně od fovey. Vergenční systém indukuje konvergenční pohyb, paprsky za účasti *fúzní konvergence* začnou znovu dopadat do fovey. Zvýší-li se představený prizmatický účinek před okem, dochází k větší odchylce paprsků od fovey. Vergenční systém dokáže odchylku od určité (prizmatické) hodnoty kompenzovat pouze zčásti (viz obr. 7). Dovede-li udržet odkloněné světelné paprsky v rozmezí Panumova areálu, je zachováno binokulární vidění. Dojde-li ke zvýšení prizmatického efektu na rozsah převyšující kompenzační schopnost vergenčního systému udržet dopadající světelné paprsky v rozmezí Panumova areálu, vzniká dvojité vidění. Změnou orientace a velikosti vergenčního požadavku lze komplexně zmapovat mohutnost vergenčního systému, s tím související vergenční adaptaci i rozsah Panumova areálu.

Jsou-li oči v přirozených podmínkách v divergentním postavení, tj. v exoforii, ve většině případů dochází k fixační disparitě ve směru „exo.“ Tu lze korigovat prizmatickou čočkou s bází orientovanou k nosu (BI). Manifestuje-li se esofovie, tj. konvergentní skryté šilhání, analogicky lze u většiny případů změřit fixační disparitu ve stejném směru (eso). Korekční prizmatická čočka má bází orientovanou temporálně (BO). V obou případech bývá velikost fixační disparity obvykle menší, než je velikost latentní odchylky-heteroforie.

Jak již bylo výše zmíněno, existuje i tzv. paradoxní fixační disparita, jejíž směr je vzhledem k heteroforii opačný. Tento jev prozkoumal Dr. R. London a zjistil její výskyt u

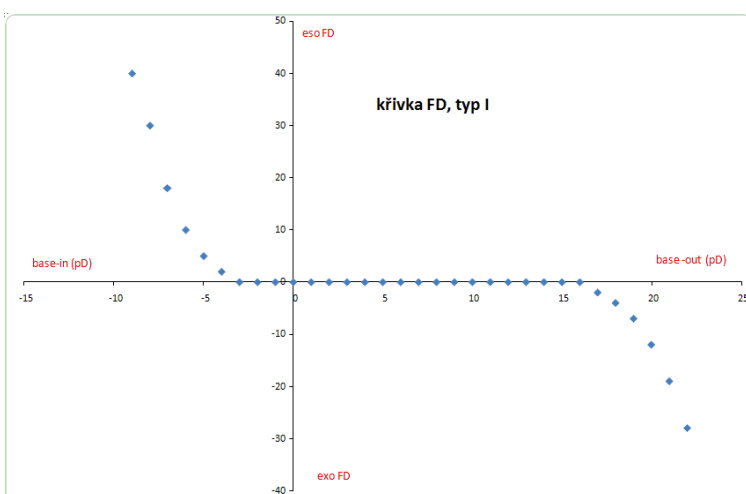
přibližně jedné třetiny zkoumané vzorky symptomatických pacientů. ^(12 str. 59) Tato situace může nastat i v důsledku nevyváženého zrakového tréninku. ⁽¹⁾

II. 4: Parametry křivky fixační disparity

Tvar (typ) a sklon křivky

Za fyziologický jev lze považovat zvýšení hodnoty fixační disparity na ose „y“ ve směru „exo“ (záporné hodnoty) s rostoucí „base-out“ prizmatickou hodnotou na ose „x“. Totéž platí o nárůstu kladné hodnoty „eso“ fixační disparity indukované záporným „base-in“ prizmatem (předsazována prizmatická hodnota roste v absolutní hodnotě). Z hlediska tvaru rozlišujeme čtyři základní typy křivky fixační disparity (původně popsané K. N. Oglem). ^(6 str. 428) Asymptomatictí pacienti nesou obvykle křivku I. typu.

Další dva typy křivek jsou často spojovány s většími hodnotami heteroforie u

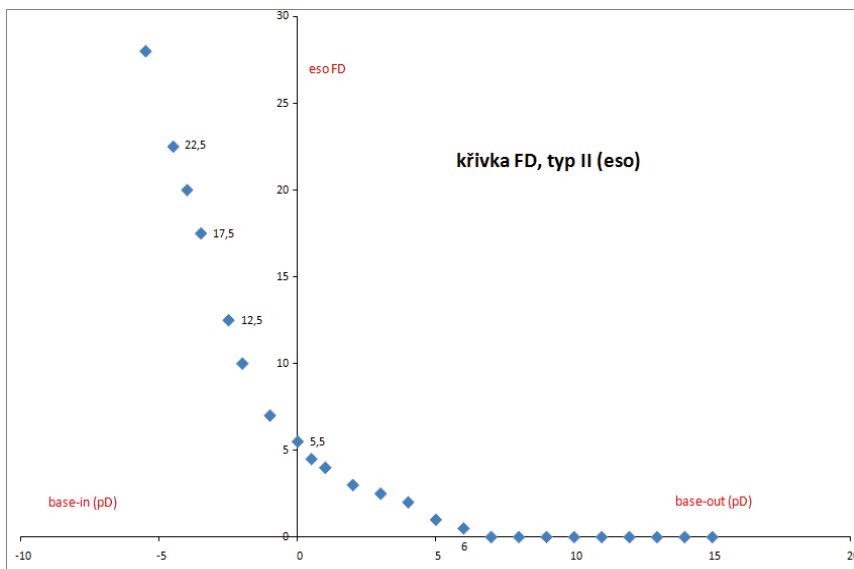


symptomatických pacientů (typ II: eso, typ III: exo). Posledním je nestabilní typ čtvrtý, jehož křivka je výslednicí nepravidelných hodnot fixační disparity při různém vergenčním požadavku.

Obrázek 10: Křivka FD I. typu do dálky: Tento tvar s charakteristickým posunem středu symetrie vpravo od osy „y“ křivky obvykle vykazují asymptomatictí pacienti. Vyskytuje se přibližně u 55 procent populace (měřeno při pohledu do blízka).

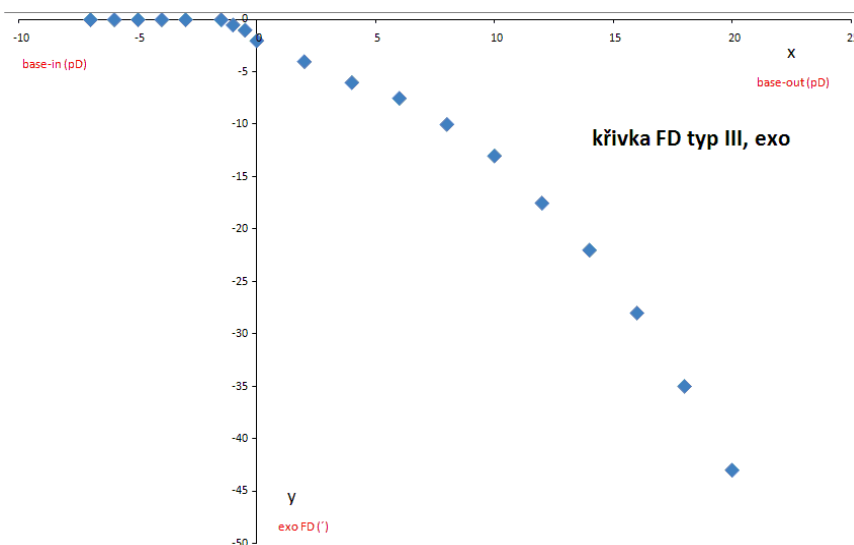
Tvar křivky je dán rozsahem a mohutností vergenční adaptace. V rozsahu adaptace vergenční systém dovede udržovat nulovou nebo nízkou hodnotu fixační disparity při různých prizmatických hodnotách (tj. při různém vergenčním požadavku). Tento rozsah představuje *plochou* část křivky. Křivka I. typu (teoreticky) vykazuje vyrovnanou adaptaci na oba směry, eso i exo (široká plochá část) a pravděpodobně zastává normální fungování eso i exo detektorů. ^(1 str. 593) Adaptace u křivky II. typu (eso FD) výrazně převládá u prizmat

orientovaných bází temporálně (BO). Saladin vyslovil hypotézu, jež předpokládá prevalenci adaptace na konvergenci navozující (BO) prizmata kvůli dysfunkci exo detektorů. U křivky III. typu (exo FD) umí vergenční systém lépe kompenzovat odchylky navozené prizmatem s bází nazálně (BI). Osoby manifestující „eso“ fixační disparitu projevují zvýšenou reaktivitu (amplitudu růstu FD ve srovnání s křivkou I. typu) na vyvolaný prizmatický účinek směrem k nosu (BI). Osobám s „exo“ odchylkou zase rychleji narůstá fixační disparita při temporálně umístěné bázi (BO).⁽¹⁾



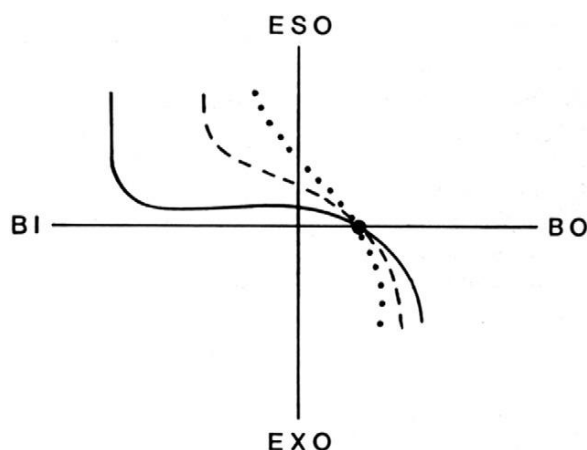
Obrázek 11: (nahore) Křivka fixační disparity II. typu (eso): Většinou se manifestuje u osob s většími hodnotami esoforie. Převládá prizmatická adaptace na temporálně umístěné báze, naopak u nasálních prizmat hodnoty fixační disparity rychle rostou.

Obrázek 12: (dole) Křivka fixační disparity III. typu (exo): Vyznačuje se adaptací na prizmata ve směru „base-in.“ U tohoto typu křivek leží fovea blíž k nazálnímu okraji Panumova areálu.



Sklon křivky fixační disparity (slope) je mnohými kliniky považován za parametr s nejvyšší výpovědní hodnotou. Obvykle se z křivky kvůli analogii s přirozeným vergenčním požadavkem odečte rozdíl hodnot fixační disparity v úseku na ose „x“ mezi 3pD „base out“ a 3pD „base in,“ který se pak dělí číslem 6. Je-li výsledná hodnota větší nebo rovna 1, pacient může být klinicky považován za symptomatického. Další úsek křivky využíván k měření sklonu se nachází mezi průsečíky křivky s osami. Obecně lze konstatovat čím strmější sklon, tím větší obtíže. ⁽¹⁾ Strmost křivky je ovlivňována mohutností vergenční adaptace (čím vyšším prizmatickým hodnotám se vergenční systém dokáže adaptovat, tím plošší je výsledná křivka; mohutnost adaptace lze zvětšit zrakovým tréninkem). Má-li symptomatický pacient dostatečně plochou křivku fixační disparity, tj. normální vergenční adaptaci, optimální prizmatická korekce (je-li opodstatněna) posune celou křivku tak, aby střed symetrie (střed ploché části křivky, viz dále) byl co nejbližší k ose „y“. Korekce stanovená tímto způsobem může efektivněji odstranit symptomy, zkvalitnit binokulární vidění i optimalizovat reakce vergenční adaptace během konvergence a divergence. V neposlední řadě tato korekce vykazuje nižší prizmatické hodnoty, než prizmatická korekce daného subjektu stanovená v disociovaných podmínkách nebo pomocí měření asociační forie.

Pacient se strmou křivkou fixační disparity trpí nedostatečnou vergenční adaptací. Vhodným zrakovým tréninkem lze obvykle docílit oploštění křivky. V ojedinělých případech, kdy si pacient ani pomocí zrakového tréninku nedovede vytvořit dostatečnou vergenční adaptaci, aplikujeme prizmatickou korekci založenou na měření asociační forie (jež v tomto případě nebude zkreslena vlivem vergenční adaptace).



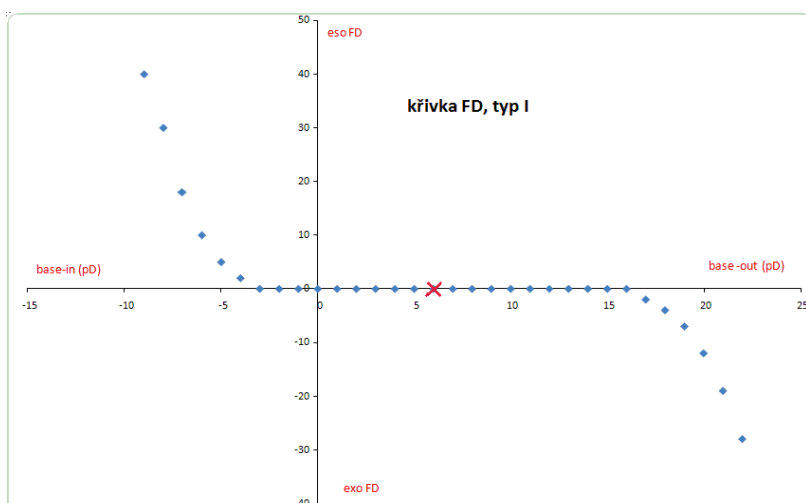
Obrázek 13: Různá mohutnost vergenční adaptace. ⁽¹⁾ Tři různě strmé křivky vykazují stejnou hodnotu asociační forie. Nejplošší křivka (plná čára) může být úpravou sférické korekce do plusu posunuta níže, čárkovaná křivka může být rozšířena a oploštěna zrakovým tréninkem a případně dokorigována. Pokud by zbývající tečkovaná křivka nereagovala na účinky zrakového tréninku, optimální korekce by byla rovna hodnotě asociační forie.

V praxi se u symptomatických křivek II. a III. typu snažíme posunout začátek plochého úseku křivky (výrazně převažující adaptace na vyvolaný vergenční požadavek v jednom směru) co nejbližší k ose „y“. ⁽⁶⁾

Střed symetrie

Střed symetrie se vztahuje k takové hodnotě křivky fixační disparity, odkud je vergenční adaptace schopna nejpružněji reagovat na změny vergenčního požadavku (a tudíž kompenzovat vyvolané odchylky). O středu symetrie uvažujeme pouze tehdy, má-li křivka uprostřed svého průběhu *ohraničenou plochou část*, tj. vergenční systém z této tonické pozice dovede nejpružněji reagovat na konvergenční i divergenční požadavky.

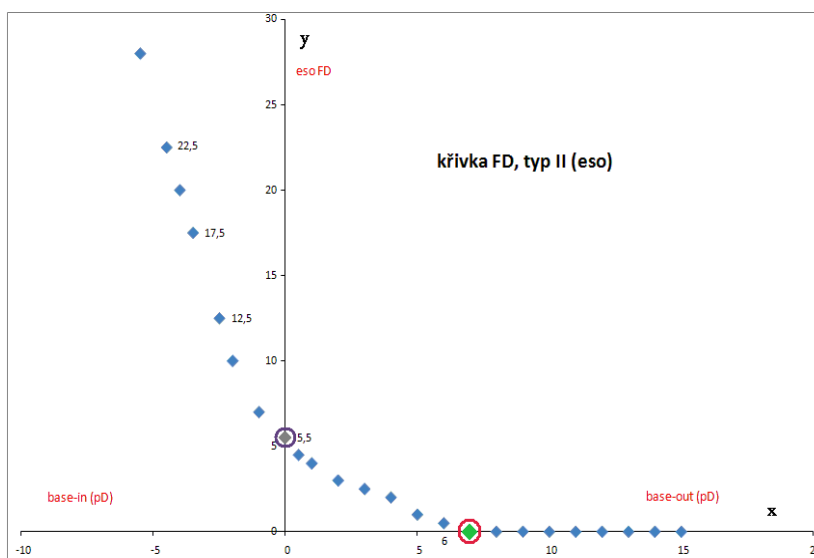
Nachází-li se střed symetrie mimo osu „x,“ značí to přítomnost disparátního zobrazení v binokulárních podmínkách. Výchozí bod sítnice, na jehož světelnou stimulaci je nastavena vergenční adaptace, na jednom oku neleží úplně v jamce fovey centralis (čím větší disparita, tím větší vzdálenost od fovey). Tento náleží u většiny případů svědčí o tzv. chybovém modelu fixační disparity, která se podílí na vzniku stereoskopického vidění. Pokud vergenční systém není nastaven (schopen) zobrazovat při různých vergenčních požadavcích světelné paprsky do určitého bodu sítnice (ideálně do jamky fovey centralis), jeho jediným úkolem se stává zabraňování diplopie a křivka fixační disparity bude strmá (střed symetrie ani nebude mít). ⁽¹⁾



Obrázek 14: Střed symetrie (označen červeným křížkem). Základní podmínkou pro vznik středu symetrie je existence ohraničeného plochého úseku křivky. V ideálním případě bude střed symetrie ztotožněn se středem souřadnicové soustavy (u distanční křivky lze považovat za normální posunutí na ose x v kladném „base-out“ směru).

Asociační forie, průsečík s osou „x“

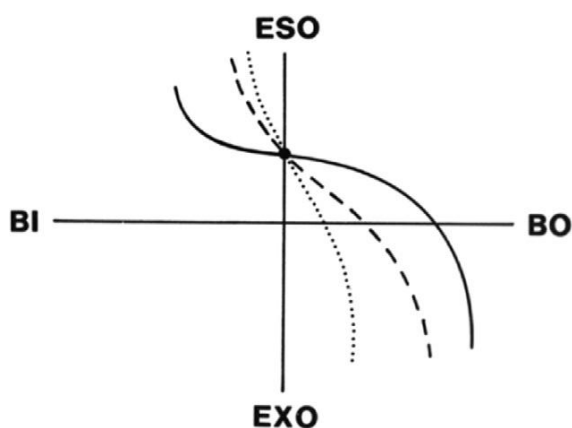
Asociační forie je definována minimálním prizmatickým účinkem potřebným k redukci fixační disparity na nulu. V grafu křivky fixační disparity proto leží na *průsečiku* s osou „x“. Klinický význam a validita asociační forie byl popsán v předchozí kapitole o teorii fixační disparity. Její velikost je ovlivněna zejména rozsahem vergenční adaptace a proximální vergencí. Navíc může být dále ovlivněna například supresí či redukovanou periferní fúzí, jež mohou omezovat reakce na periferní vergenční stimuly. Asociační forie se měří do dálky i na blízko (obvykle na vzdálenost 40 centimetrů). Klinicky plně dostačuje jako jediná měřená veličina (bez potřeby zaznamenávat další údaje pro vytvoření grafu) u korekce *vertikální fixační disparity*. Avšak analýza *laterální odchyly* vyžaduje graf závislosti velikosti horizontální fixační disparity na indukovaném prizmatickém účinku. Například u pacientů s „eso“ deviacemi může být korekce (horizontální) prizmatickou čočkou zvláště neadekvátní, pokud nebyla docílena měřením křivky fixační disparity (ale například pouze korekcí disociované heteroforie). Vzniká totiž riziko zbytečně silné prizmatické korekce (hodnota naměřené asociační forie bývá u esoforie zpravidla nižší). U pacientů s exo-fixační disparitou může nastat situace opačná, kdy hodnota asociační forie převyší hodnotu méně komplexní korekce (tj. disociované exoforie). V tomto případě by vhodnost podle asociační forie měla být ověřena zkouškou rozsahu fúzních vergencí, opětovným měřením asociační forie (měla by být nulová) nebo prokázáním zlepšené



stereopse. Často se zlepšuje i zraková ostrost. Američtí optometristé Wick a Scheiman doporučují začít s korekcí rovné jedné třetině hodnoty distanční esoforie, jejíž velikost může být ovlivněna pouze prizmatickou korekcí či zrakovým tréninkem. Hodnota esoforie

do blízka může být nepříznivě afektována provázaností s akomodací a sférickou úpravou brýlové korekce. ⁽⁶⁾

Dalším důležitým a zároveň diskutovaným prvkem ovlivňujícím velikost asociační forie je přítomnost a rozměry centrálního *fúzního podnětu* (anglicky „central fusion lock“). Ten může být příčinou různých výsledků měření asociační forie i křivky fixační disparity pomocí rozličných diagnostických nástrojů (například Wesson Card, Saladin Near Point Balance Test, Disparometr a další). Tím je snížena validita výsledků. Studie vykonané na menším počtu respondentů naznačují dobrou přijatelnost výsledných prizmatických korekcí naměřených v přítomnosti centrálního fúzního podnětu. Jeho důležitost a vliv prokazují rovněž velké rozdíly naměřených hodnot asociační forie v přítomnosti a absenci podnětu. Největší rozdíly byly zjištěny u esoforických pacientů, u nichž asociační forie (naměřena bez centrálního fúzního podnětu) převýšila hodnotu samotné esoforie, což většina problematiky znalých kliniků odmítá předepisovat. ⁽⁶⁾



Obrázek 16: Tři různé křivky o stejné hodnotě fixační disparity ⁽¹⁾, avšak každá má jinou hodnotu asociační forie (průsečík s osou x). Mohlo by se zdát, že křivka s nejnižší hodnotou asociační forie reprezentuje nejmírnější symptomy, avšak je třeba mít zřetel na rozsahu vergenční adaptace, které má na tomto obrázku jednoznačně nejvíce křivka s nejvyšší hodnotou asociační forie, jež se díky dobře fungující kompenzační adaptaci nemusí vůbec symptomatologicky manifestovat.

Fixační disparita, průsečík s osou „y“

Fixační disparita existuje v případě, že obrazy binokulárně fixovaného předmětu nevznikají na zcela korespondujících místech sítnice, ale zůstávají lokalizované v rámci Panumova areálu. ⁽⁶⁾ Běžně se vyskytuje do velikosti 6 úhlových minut, avšak můžou se vyskytnout i odchylky velikosti 30 minut. Čím vyšší hodnota fixační disparity, tím méně ji vergenční systém dokáže kompenzovat a tím se i zvyšuje riziko manifestace symptomů. ⁽¹⁾ Úhlový rozsah fixační disparity přímo určuje velikost Panumova areálu. Hodnotu fixační disparity lze měřit pomocí Sheedyho Disparometru či Wesson Card (oboje do blízka). Měření do dálky lze učinit pouze s Woolf Card. ⁽⁶⁾

Eso-fixační disparita bývá zaznamenávána v horní polovině soustavy souřadnic (nad osou x), fixační disparita typu exo vykazující záporné hodnoty zase pod osou x.

II. 5: Křivka fixační disparity vynucené změnou sféry a její využití

Překorigování či podkorigování refrakční vady ovlivňuje velikost i směr fixační disparity. Překorigovaný myop (tj. krátkozraký pacient s vyšší hodnotou minusové korekce v absolutní hodnotě než je hodnota jeho axiální refrakce[§]) čelí zvýšenému akomodačnímu úsilí, které indukuje akomodační konvergenci (míru změny velikosti akomodační konvergence navozené změnou amplitudy akomodace udává tzv. AC/A poměr). Při pohledu do dálky teda oči nadměrně konvergují, zbytečně akomodují, přičemž dochází k navození fixační disparity typu eso (oči by při pohledu do dálky konvergovat neměly). Podkorigovaný myop analogicky méně konverguje při pohledu do blízka, což vyvolá nárůst hodnoty fixační ve směru exo (velikost nárůstu fixační disparity je opět podmíněna AC/A poměrem).

U hypermetropa nejčastěji dochází k eso-fixační disparitě při pohledu do dálky (ta je opět navozena akomodační konvergencí). Tento stav je zapříčiněn buď absencí plusové korekce (zejména u mladých hypermetropů) či častým podkorigováním (tj. nižší hodnotou sférické korekce, než je hodnota axiální refrakce). Překorigování dalekozrakého pacienta vede k bezprostřednímu rozostření obrazu, proto k němu prakticky nedochází.

Z uvedeného plyne, že spojná (plusová) korekce snižuje hodnotu eso-fixační disparity a rozptylná (minusová) korekce snižuje hodnotu exo-fixační disparity. Proto lze vhodnou úpravou sférické korekce cíleně snížit hodnotu eso-fixační disparity u hypermetropů či zredukovat exo-disparitu u myopa (to se však z dlouhodobého hlediska z důvodu navození akomodace nedoporučuje). V souřadnicové soustavě dané křivky fixační disparity leží sférické hodnoty (místo prizmatických) na ose „x“, hodnoty fixační disparity jsou vyneseny na ose „y“. Měří se nejprve plusové, posléze i minusové hodnoty předsazováním vhodných sférických čoček. Vyšetřovací vzdálenost je obvykle 40 centimetrů, křivky se generují pouze pro pohled do blízka (posuzuje se akomodační složkavergence).

[§] axiální refrakce- hodnota refrakce oka v dioptriích, kterou oko objektivně potřebuje k dosažení emetropie

Křivka fixační disparity vynucené změnou sféry může být skombinována s křivkou fixační disparity vynucené změnou vergenčního požadavku (tj. předsazováním prizmat, obě křivky se měří při pohledu do blízka). Výslednice průniků společných hodnot udává binokulárně odvozený AC/A poměr. V tomto postupu jsou zahrnuty interakce konvergenční složky akomodace (bývá vyjádřena v poměru k navozené konvergenci, tzv. CA/C), což umožňuje přesnější předpis korekce do blízka zejména u pre-presbyopických pacientů.⁽⁶⁾

II. 6: Klinické možnosti korekce

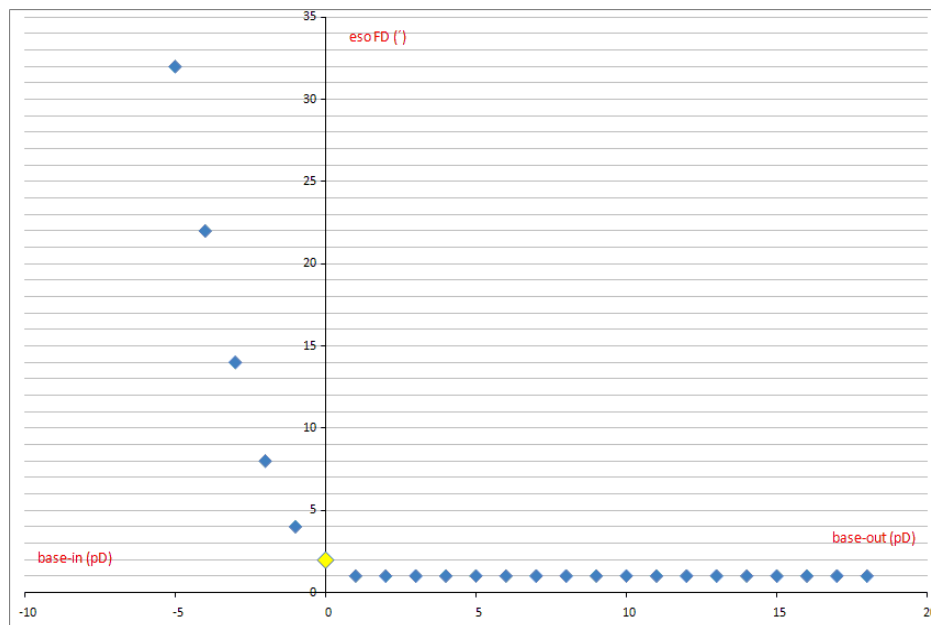
K interpretaci výsledné křivky fixační disparity slouží (na předcházejících stranách popsané) následovné parametry: tvar (typ), sklon, fixační disparita, asociační forie. Na základě údajů z těchto parametrů lze vybrat jednu z následujících možností binokulární korekce:

- prizmatická korekce
- úprava sférické části korekce
- zrakový trénink („vision therapy“)

Prizmatická korekce

Optimálně zvolená hodnota korekční prizmatické čočky snižuje rozsah i náročnost fúzních pohybů očí a také minimalizuje relativně závažné nežádoucí interakce mezi konvergenční akomodací a akomodační vergencí. Prizmatickou korekcí se snažíme přiblížit střed symetrie co nejbližší k ose „y“ v případě, že existuje. Často se však stává (zejména při testování do dálky), že existuje pouze oblast rozsáhlé vergenční adaptace převládající na jednostranný vergenční požadavek (křivka II. a III. typu) bez středu symetrie. V takovém případě se účelem prizmatické korekce stává přiblížení *začátku* ploché části křivky s rozsáhlou vergenční adaptací k ose „y“. Je třeba ovšem rozlišit, zda se jedná o problém vergenční (tedy exces divergence) nebo akomodačně-vergenční. Pokud sférická úprava (předsazením plusových sférických hodnot zejména u *hypermetropů*) posune křivku směrem k nule, jedná se pravděpodobně o etiologii v indukované akomodační konvergenci. V takovém případě pacientovi pomůže od úlevy spíše sférická úprava korekce zvýšením plusových hodnot. Nesprávným rozhodnutím by byla aplikace

prizmatické korekce do dálky, jež by pacientovi vyvíjela zbytečný stres na konvergenci při práci do blízka.

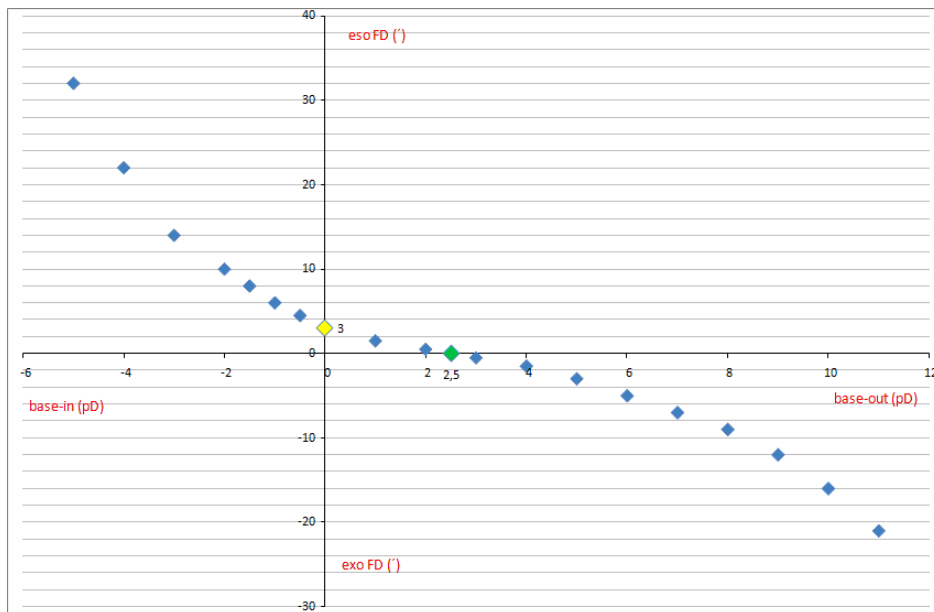


Obrázek 17: Symptomatická křivka FD typu „eso“ do dálky. Pacient manifestuje výraznou adaptaci na prizmata s bází orientovanou temporálně (base-out). Střed symetrie neexistuje. Sférická úprava nepomůže. Aplikace 1 pD v „base-out“ směru posune počátek ploché části křivky na osu „y“. Pacienti s tímto typem křivky obvykle vykazují exces divergence, přičemž hodnota prizmatické korekce založená na velikosti heteroforie bývá mnohem vyšší, než hodnota stanovená z křivky fixační disparity.

Předepsaná prizmatická hodnota je rovna minimální hodnotě, jež posune plochou část křivky tak, aby její začátek protnul osu „y“ nebo se k ní co nejvíc přiblížil. ⁽⁶⁾

Pacienti s fixační disparitou typu „eso“ do dálky mohou disponovat velmi *slabou* až *žádnou* vergenční adaptací. V takovém případě se každá změna vergenčního požadavku projeví změnou hodnoty aktuální fixační disparity (strmý sklon, neexistuje střed symetrie^h). Mnohdy se přitom jedná o relativně nízké hodnoty fixační disparity při pohledu bez předsazených prizmatických čoček, navíc křivka prochází spektrem hodnot ze směru „eso“ až do „exo“, což odpovídá průběhu asymptomatické křivky I. typu. Pacienti tohoto typu mohou z prizmatické korekce založené na analýze dat z křivky fixační disparity rovněž profitovat, přičemž není potřeba dále analyzovat akomodačně-vergenční interakce. ⁽⁶⁾

^h neexistence středu symetrie v tomto případě svědčí o absenci pomalé složky vergenční adaptace (tato problematika je detailně popsána v kapitole III). Kromě tohoto případu střed symetrie střeďují i křivky II. a III. typu, přičemž ale vergenční adaptace včetně své pomalé složky funguje



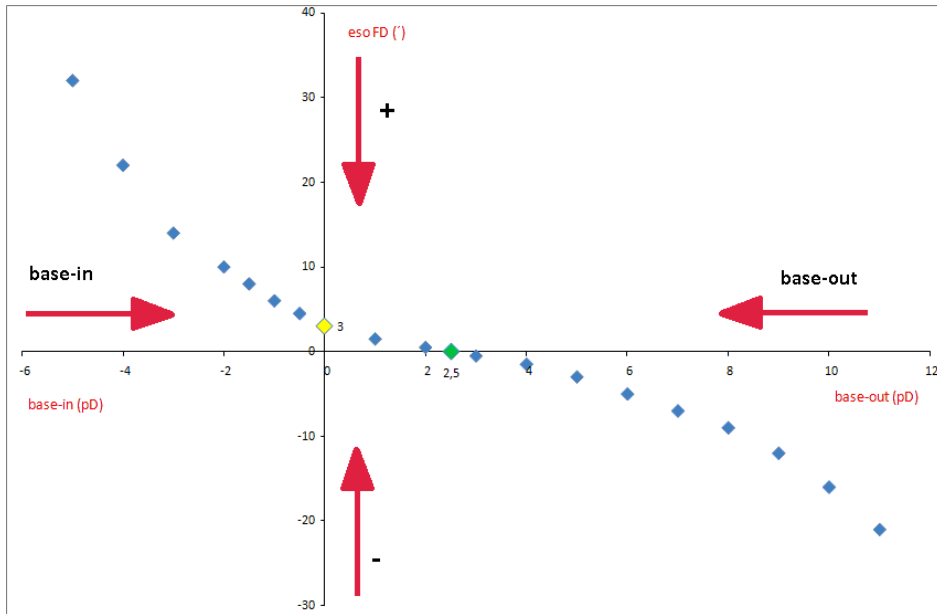
Obrázek 18: Křivka FD typu „eso“ do dálky se slabší vergenční adaptací a relativně redukovanými pozitivními fúzními rezervami. Nejvhodnějším způsobem korekce pacienta s takovou křivkou je prizmatická korekce (2,5 pD „base-out“ lokalizuje střed symetrie křivky tohoto pacienta přímo na osu „y“). Rovněž lze předpokládat vyšší hodnotu prizmatické korekce vzešlé z měření heteroforie.

Úprava sférické části korekce

Sférická modifikace představuje jednoduché a efektivní řešení zejména v případech s dostatečně mohutnou vergenční adaptací. Typickým příkladem je *přídavek do blízka (adice)* u „eso-FD“ pacientů s akomodačně-vergenčními anomáliemi, který je roven hodnotě asociační forie (získané úpravou korekce směrem do „+“). Pro ověření lze provést kontrolní měření prizmaticky vynucené křivky fixační disparity s aplikovanou adicí. Toto platí analogicky i pro pacienty s latentní hypermetropií, avšak výsledná modifikovaná korekce bude použitelná i do dálky (pokud pacient korekci odmítá, je potřeba ji nosit alespoň při práci do blízka). Pokud pacient snese jak úpravu sférické korekce, tak i korekci prizmatickou, zvolíme pro něj ten typ korekce, se kterým dokáže pohodlněji pracovat do blízka. Často bývá sférická modifikace z estetického hlediska i komfortu nošení příznivější.

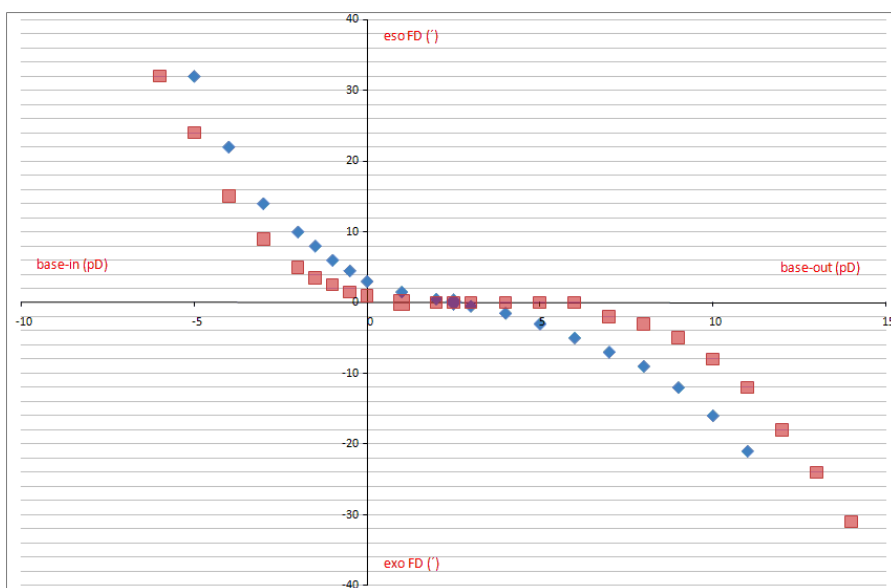
U pacientů do věku 15 let s excesem divergence (exo-fixační disparita do dálky) lze dočasně použít zvýšenou hodnotu minusové korekce, avšak s ohledem na amplitudu akomodace a časový faktor. Krátkodobě zvýšená hodnota minusové korekce o 3 až 4 dioptrie slouží rovněž jako součást zrakového tréninku.

Obrázek 19: Účinek sférické a prizmatické korekce na polohu (posun) křivky fixační disparity. Prizmata posouvají křivku podél osy „x“, sféry podél osy „y“. Směry posunů jsou zaznačeny orientací šipek. Například prizmatická korekce s bází temporálně (base-out) posune celou křivku směrem doleva.



Zrakový trénink (Vision Therapy)

Pomocí komplexních údajů z křivky fixační disparity lze sledovat vývoj či modifikovat postupy během zrakového tréninku tak, aby byly co nejspeciřičtěji zaměřeny na zdokonalení určitého nedostatku. V zásadě existují zraková cvičení zaměřená na zdokonalení akomodačníchⁱ a vergenčních^j složek binokulárního vidění. U pacientů s kombinovanými akomodačně-vergenčními poruchami se aplikují další druhy cvičení.



Obrázek 20: Ilustrativní srovnání křivek FD stejného pacienta před (modrá) a po zrakovém tréninku (červená)

ⁱ „Accomodative rock therapy“ nácvik přesnosti akomodace s využitím spojných a rozptylných čoček

^j „Vergence jump therapy“ nácvik správné amplitudy vergence s využitím prizmatických klínů

Smyslem zrakového tréninku pro pacienty s redukovanou či neexistující vergenční adaptací je tuto postupně vytvořit a co nejvíce posílit. Křivka se tak během tréninku oplošťuje, rozšiřují se fúzní rezervy, ve finále může vzniknout i střed symetrie. Pacienti s insuficiencí konvergence mají na začátku zrakové terapie často nepravidelnou a tvarově zostřenou křivku. Po úspěšném absolvování zrakového tréninku se tvar křivky zaoblí a stává se pravidelným.⁽⁶⁾

III. Vergenční adaptace

Vergenční adaptace je významný jev umožňující zrakovému systému dlouhodobě kompenzovat vyskytující se okohybné odchylky. V případě selhání kompenzace u heteroforie naopak představuje vergenční adaptace kontraindikaci pro aplikaci prizmatické korekce^k. Adaptace úzce souvisí s dalšími složkami vergenčního systému.

V roce 1893 popsal Maddox čtyři základní složky konvergence (sbíhavosti zorných os očí): tonickou, akomodační, volní (založena na vjemu blízkosti) a fúzní konvergenci. Tento model byl později doplněn o disparátní a proximální vergenci. Tonická vergence odpovídá hodnotě heteroforie do dálky (udržuje určitou pozici očního páru při absenci fúzních podnětů). Akomodační a proximální (jíž Maddox nazval volní) konvergence doplňují tonickou složku během fixace na jinou než nekonečnou vzdálenost. Tyto složky provedou hrubé nastavení. Podle Maddoxe se doladění zbytkové disparity dělo prostřednictvím jemného pohybu vyvolaného stimulací fúzní vergence, aby se zabránilo diplopii. I když Maddox neznal disparátní složku konvergence, popsal jev, jenž je dnes známý pod pojmem *vergenční adaptace*. Zjistil nárůst hodnoty svojí esofovie o pět prizmatických dioptrií bezprostředně po tom, co si sundal deset minut nošenou korekci 11 prizmat bází temporálně (tj. deset minut nutil svoje oči konvergovat). Po několika dalších minutách se hodnota esofovie vrátila na původní (nízkou) hodnotu. Obdobně dosáhl

^k Dobře fungující vergenční adaptace se totiž snaží uvést systém do výchozího stavu (který ale může vyvolávat potíže), tedy působí i proti „korekční odchylce“ navozené prizmaty.

snížení hodnoty konvergence po předsazení plusových brýlových čoček. Maddox zjistil, že tyto adaptivní změny sloužily k uvolnění vzniklého napětí na fúzní vergenci.

Časový průběh adaptace na horizontálně umístěná prizmata závisí zejména množství a délce působení prizmat. Carter v roce 1965 zjistil, že prodloužené nošení prizmatické korekce změnilo nejen velikost heteroforie, nýbrž také způsobilo posun křivky vynucené fixační disparity či fúzních rezerv. Ve svém výzkumu podrobil své subjekty adaptaci na 10 pD nazálně a 32 pD temporálně, každý případ patnáct minut. Většina adaptace proběhla v prvních několika minutách. Po ustálení adaptace změnil přes danou prizmatickou korekci hodnotu heteroforie, křivku vynucené fixační disparity i fúzní rezervy (včetně negativních, které jsou velmi citlivé na vergenční změny). Všechny hodnoty byly podobné těm *bez* představených prizmatických čoček a nošení nezpůsobovalo potíže. Z výsledků tohoto výzkumu vyplývá, že nošení prizmatické korekce způsobuje *kompensační posun* okulomotorické pozice očí (který je reakcí na posun obrazu na sítnici vyvolaný prizmatickým účinkem korekce).⁽⁴⁾ Vyjmutí vyšší prizmatické korekce po určitou chvíli zabraňuje vzniku fúze, než prizmatická adaptace dostatečně odzní a tím se obnoví původní binokulární fúze přítomná před expozicí prizmatickou korekcí. Carter shrnul výsledky své studie tvrzením, že pacienti s dobrou sensorickou fúzí se snadno adaptují změnám, avšak jedinci se slabou sensorickou fúzí se adaptují stěží a manifestují symptomatickou dekompenzovanou heteroforii (i fixační disparitu).

Na základě Carterových závěrů zformuloval Schor v roce 1980 dva specifické typy vergence: rychlý, *reflexní* fúzní systém řízený disparátní složkou vergence a pomalý, *adaptivní* systém redukující napětí vergenčního systému na daný požadavek (kterým může být heteroforie, fixační disparita nebo předsazená prizmatická čočka). Součet těchto dvou komponentů tvoří (je roven) fúzní vergenci.

Rozpad reflexního fúzního systému nastává do 15 sekund od vzniku fúze. V této fázi je aktivován pomalý (adaptivní) systém udržující pohledové osy v požadované poloze, přičemž svým výkonem kompenzuje ztrátu reflexního systému (postupný rozpad po více jak 30 s). Po vyjmutí předsazené prizmatické čočky tedy dochází k okamžité eliminaci reflexního vergenčního systému, avšak pomalý (adaptivní) systém působící delší dobu způsobí prodlevu v návratu fixační disparity (i heteroforie) na původní hodnotu.⁽⁴⁾

Carter dále popsal fenomén *prizmatické adaptace*, kdy pacientova vergenční adaptace vynuluje korekční účinek navozený prizmatickou čočkou. Po určitém čase se u pacienta manifestuje binokulární odchylna (heteroforie, fixační disparita) stejné velikosti a orientace, než jaká byla přítomna před korekcí. Klinicky lze adaptaci vyloučit po dvaceti minutách nošení nové prizmatické korekce bez změny hodnot korigované odchylny. V opačném případě je prizmatická korekce kontraindikována. Další výzkumy potvrdili hypotézu srovnávající adaptaci symptomatických a asymptomatických pacientů. Ta předpokládala, že symptomatictí pacienti disponují slabou (málo flexibilní) vergenční adaptací (tím pádem i fúzí), zatímco pacienti bezpříznakoví vykazují dostatečně mohutnou adaptaci. Díky tomu prizmatická korekce uleví většině symptomatických pacientů. Další možností pomoci prizmatickou korekcí pacientovi se slabou adaptací je posun případně oploštění strmých úseků křivky fixační disparity (zrakovým tréninkem; stejného efektu lze u velkých odchylek docílit chirurgickým zákrokem okohybného aparátu). Zrakový trénink zacílený na oploštění nebo zmírnění sklonu křivky představuje pro pacienta kauzální terapii.

Sethi a Henson prokázali zvýšený účinek adaptace při *krokovém* předsazování prizmat. Krokový nárůst prizmatického účinku vyvolá proporčně analogický aditivní nárůst vergenční adaptace.

U presbyopických pacientů sehrává dobře fungující vergenční adaptace důležitou roli. Věkem se totiž snižuje amplituda akomodační konvergence (kolem 60. roku života úplně vymizí), jejíž roli musí při pohledu očí do blízka nahradit fúzní konvergence. Tento požadavek vyústí v konstantní zatížení pomalé složky vergenční adaptace, která tím nahrazuje ztrátu akomodační konvergence.⁽⁴⁾

Stimulem pro aktivaci disparátní složky vergence je úhlová odchylna (disparita) obrazu na sítnici mezi úhlem svírajícím fixovaný objekt a proximální konvergencí, jež natočila pohledové osy dostatečně blízko pro vznik fúze. Zároveň působí disparita stimulačně na vergenční adaptaci. Během jedné sekundy proximální konvergence v spolupráci s disparátní vergencí zredukuje úhlovou odchylnu retinálních obrazů na přibližně 28 úhlových vteřin. Aktivována rychlá složka vergenční adaptace v rozsahu své mohutnosti (amplitudy) redukuje zátěž na disparátní vergenci tím, že nastaví ostatní

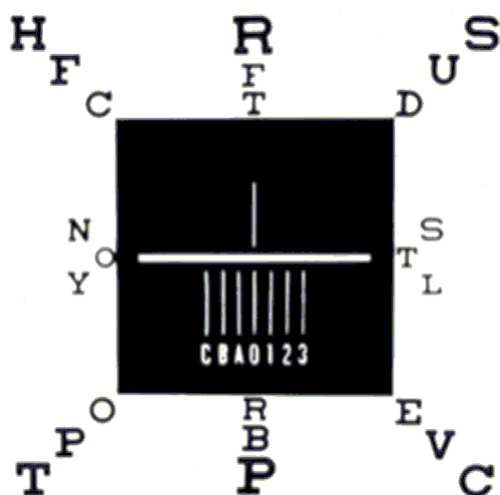
složky vergence do (nově nulové) polohy nastavené zásahem disparátní vergence. Tento děj nemusí být symetrický pro konvergenci a divergenci, v důsledku čeho působení adaptace převládá na jeden směr vergenčního požadavku (viz křivka fixační disparity II. a III. typu). Tato asymetrie se v kombinaci se slabší mohutností adaptace může podílet na vzniku astenopických potíží či dalších symptomů binokulární nepohody.⁽¹⁴⁾

IV. Praktická část

IV. 1: Úvod a cíle výzkumu

Cílem praktické části této bakalářské práce je vyvinout test a ověřit jeho funkčnost pro detekci fixační disparity a generování křivky fixační disparity do dálky. Tato metodologie, která je populární zejména u severoamerických kliniků, zatím není v našich zeměpisných šířkách aplikována v praxi. Přitom stanovit optimální korekci skrytých anomálií binokulárního vidění vyžaduje skloubení nejnovějších poznatků ze zkoumání v asociovaných podmínkách s ověřenými vyšetřovacími technikami a komplexní analýzou naměřených dat. Je potřeba zdůraznit fakt, že stanovení optimální korekce binokulárních anomálií často není tak explicitní, jak tomu bývá u korekce monokulární. Navíc se v osobitých případech jedná o systematicky i časově náročnou proceduru. Ve výsledku však může dojít k úlevě od jinak neřešitelných potíží různého charakteru. Na základě určitého množství naměřených subjektů je potřeba pro daný test stanovit normativní data. V současnosti jediným zařízením, jenž se v USA a dalších krajinách používá pro měření uvedených parametrů binokulárního vidění do dálky, je relativně zastaralá „Woolf card“ (obr. 21).⁽⁶⁾

IV. 2: Technické parametry testů pro měření křivky fixační disparity



Obrázek 21: Woolf Card. ⁽¹⁾ Svislé čáry, jež jsou vnímány v každém poli pouze jedním okem, nazýváme noniovými. Centrální fúzní podnět je v podobě tlusté vodorovné čáry, písmena a čísla kolem černého pole slouží jako periferní fúzní podnět.

Nejnovější výzkumy ukázaly odlišnosti naměřených hodnot fixační disparity a asociační forie v závislosti na několika faktorech, mezi které patří přítomnost či absence centrálního i periferního fúzního podnětu nebo vertikální i horizontální úhlová vzdálenost mezi noniovými čárami. Při srovnání vyšetřovaných subjektů na rozdílných testech zkoumajících křivku fixační

disparity dochází k variabilitě naměřených výsledků. Je proto potřeba stanovit pro každý test spektrum normálních hodnot individuálně. Úplná shoda nepanuje ani ve studiích publikujících

výsledky srovnání stejných testů. Například existuje víc studií srovnávajících hodnoty měření křivky fixační disparity do blízka pomocí Wesson Card a Sheedyho disparometru. Jedna studie neodhalila podstatné změny v naměřených křivkách, naopak jiná studie zase signifikantní rozdíly deklaruje. ⁽¹³⁾

Funkce fúzních podnětů a jejich vliv na fixační disparitu

Doktor Ukwade z College of Optometry na University of Houston v Texasu ve své komparativní studii ⁽¹³⁾ konstatoval, že přesnost posuzování vzájemné polohy noniových čar (tzv. vergenční variabilita) klesá, svírají-li jejich nejbližší konce v oku pacienta v přítomnosti centrálního fúzního podnětu úhel větší než 20 úhlových minut. Podobný efekt vergenční variability zaznamenal v případě periferního fúzního podnětu, kde pro stabilitu výsledků bylo potřebné ještě zmenšit úhel noniových čar. Nejpřesnější opakované výsledky zaznamenal v případě použití centrálního fúzního podnětu, přičemž úhel svíraný noniovými čáry, jež jsou vnímány odděleně pravým a levým okem, by měl být přibližně 20 úhlových minut. Podobnou přesnost zaznamenal v přítomnosti periferního fúzního podnětu bez toho centrálního za podmínky menší úhlové vzdálenosti mezi noniovými čárami. Obecně lze na základě výsledků dosavadních výzkumů tvrdit, že

velikost fixační disparity je *menší* v přítomnosti centrálního fúzního podnětu ve srovnání s přítomností osamocené periferního podnětu (Dowley, Carter, Ogle et al., Wildsoet et al., Sheedy et al.). Carter během testování v přítomnosti periferního fúzního podnětu zaznamenal hodnoty křivky fixační disparity v rozmezí 10-30 úhlových minut, přičemž stejný subjekt v přítomnosti centrálního fúzního podnětu zaznamenal rozsah fixačních odchylek méně než 6 úhlových minut.

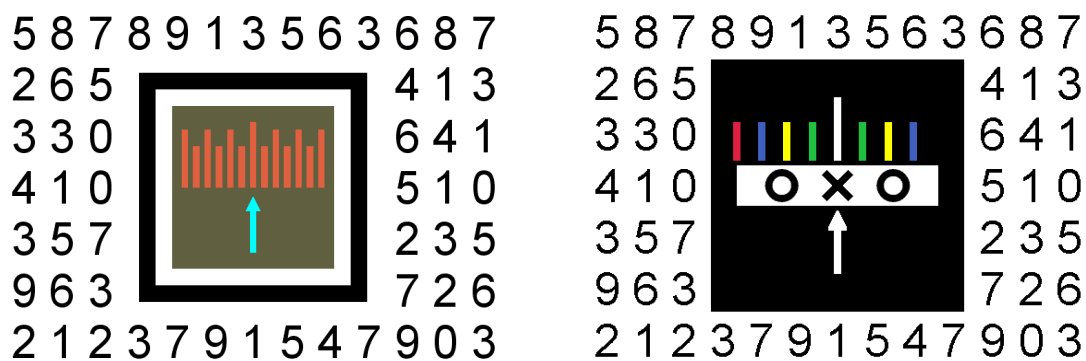
Interakce přítomnosti a rozměrů fúzních podnětů s amplitudou fixační disparity dlouho nebyly zmapovány. Dalším úskalím je riziko nežádoucího vlivu na rozlišování vzájemné polohy noniových čar z hlediska umístění centrálního fúzního podnětu. Proto komerčně známá zařízení pro detekci a korekci fixační disparity (Sheedyho disparometr, Wesson Card a další) používaná již určitou dobu nejsou vyhotovena s centrálním fúzním podnětem. Několik současných studií potvrdilo, že binokulární rozlišení polohy monokulárních obrazů může být skresleno, pokud ty jsou v přílišné blízkosti binokulárně vnímaného fúzního podnětu.

Důležitým závěrem ze zkoumání Dr. Ukwadeho je nulový vliv rozměrů i separace jednotlivých noniových čar na velikost fixační disparity či průběh křivky. Nejstabilnější výsledky měření fixační disparity byly dosaženy za současné přítomnosti centrálního i periferního fúzního podnětu (naměřena hodnota fixační disparity poté byla v průměru poloviční ve srovnání s hodnotou v přítomnosti osamocené periferního fúzního podnětu, čím nastává shoda s dalšími studii).

Erkelens et al., Jones et al. se shodli v zjištění, že velikost subjektivně měřené fixační disparity bývá obecně menší než velikost fixační disparity změřené objektivními technikami. Výše uvedení autoři tuto skutečnost přisuzují částečné subjektivní reflexi ke změnám v retinální korespondenci během binokulárního vidění. Další studie v návaznosti na tento předpoklad odhalily přímou interakci s variabilitou rozměrů centrálního fúzního podnětu. Velikost i úhlová separace noniových čar či úhlová separace monokulárních a binokulárních komponentů variabilitu naměřených hodnot fixační disparity neovlivnily. ⁽¹³⁾

IV. 3: Vlastní test pro detekci křivky fixační disparity

Test je určen pro subjektivní měření velikosti fixační disparity, křivky fixační disparity i asociační forie při pohledu do dálky. Při návrhu autoři (Michal Hraško a vedoucí jeho bakalářské práce František Pluháček) vycházeli z existujícího designu Wesson Card pro měření do blízka (viz obrázek 1 na str. 12). Ten byl postupně upraven tak, aby jeho parametry umožňovali co možná nejautentičtější, nejstabilnější a nejvíce reprodukovatelné výsledky.¹



Obrázek 22: Vlevo: Původní předloha inspirována designem Wesson Card. Vpravo: Finální verze testu použita pro praktické účely této bakalářské práce. Levá část stupnice byla doplněna o další čáru kvůli zvýšené amplitudě „eso“ deviací při měření křivky fixační disparity do dálky.

Rozměry a konstrukce testu

Rozměry v úhlových minutách (') se vztahují na vyšetřovací vzdálenost 5 metrů:

- velikost černého pole: $100' \times 100' = 1,667^\circ \times 1,667^\circ$
- vertikální separace noniových čar: $19'$
- centrální fúzní podnět (O X O):
 - velikost znaku: $12,6' \times 12,6'$
 - rozestup znaků: $9,2'$
- stupnice:
 - centrální bílá čára: $25' \times 2,5'$
 - ostatní barevné čáry: $15' \times 2,5'$
 - horizontální separace středů čar: $10'$
- noniová šipka: $25' \times 2,5'$ (spodní hrana)

¹ Zdrojem potřebných dat byla studie „Effects of Nonius Line and Fusion Lock Parameters on Fixation Disparity“ od Dr. Ukwade. V bibliografii je evidována pod číslem 13.

Test byl vytvořen ve vektorovém grafickém programu Corel DRAW® v provedení pro použití pozitivní i negativní polarizace. Následně byl vyexportován v rozměrech 1100 x 595 pixelů a ve vhodném zobrazovacím programu byl kalibrován tak, aby z vyšetřovací vzdálenosti pěti metrů disponoval výše uvedenými požadovanými úhlovými rozměry. Pozitivní polarizace s sebou nesla nežádoucí efekt, tzv. stereoskopický lesk (soupeření černého a bílého vjemu o stejné směrové hodnotě v okulocentrické lokalizaci). Polarizace začernila každému oku jednu oblast testu, to druhé ve stejném místě vidělo na bílém pozadí znak (černou šipku nebo stupnici). Výsledkem byl vjem rušivého stříbrného lesku. Proto jsme se rozhodli test navrhnout v provedení negativní polarizace (tj. bílé a barevné znaky na černém pozadí), kde se barva vnímaného pozadí shodovala s „prázdným“ vjemem z druhého oka.

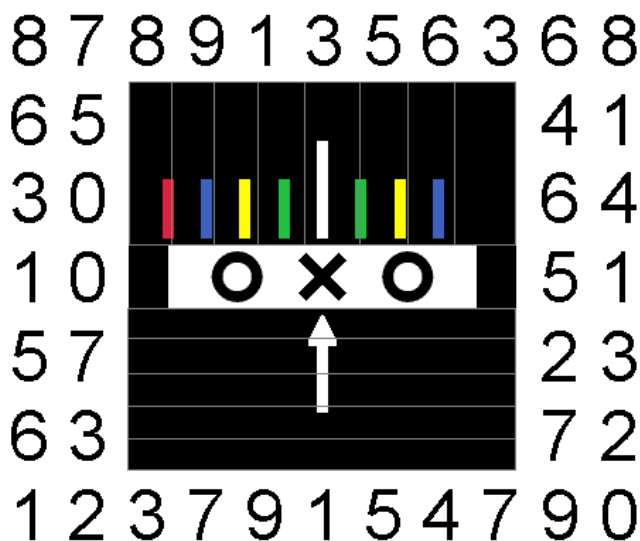
Pro testování byl použit notebook Acer Aspire 4520-5803 s úhlopříčkou displeje 14,1" (35,814 cm). Polarizační fólie byly opracované do tvaru obdélníku s rozměry 11,6 x 4,6 cm a nalepeny na transparentní fólii. Tato volba se jevila jako optimální z důvodu jednoduchosti, přesnosti a funkčnosti. Polarizační fólie na displeji překrývaly monokulárně vnímané plochy testu (podle obr. 23). Úspěšnost tohoto řešení byla prokázána tím, že během testování figurant v daném černém polarizovaném poli příslušným okem neviděl nic.^m

Monitor je polarizován v úhlu 45°. Polarizační úhel přidaných polarizačních fólií proto musel být 90° a 180°. V monokulárně vnímaných oblastech byla tedy světelná propustnost 50 %. Monitor byl po celou dobu každého testování nastaven na nejvyšší intenzitu jasu.

Vyšetřovaný vnímal levým okem spodní polarizovanou část s bílou šipkou, místo horní stupnice vidělo levé oko černé pole. Pravé oko naopak horní stupnici vnímalo a místo šipky vidělo černé pole. Centrální fúzní podnět zůstal nepolarizován.

Testování probíhalo v laboratoři optometrie na půdě Katedry optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a v oftalmologické vyšetřovně soukromé oční optiky v Bratislavě.

^m Toto se bohužel nedá tvrdit o technickém provedení Polatestu, kde v polarizovaných testech vyšetřovaný vidí druhým okem slabší kontury části, jež měla být viditelná pouze jedním okem.



Obrázek 23: Provedení testu s polarizačními fóliemi (vyšrafované části). Fólie byly orientovány v polarizačním úhlu 90° a 180°. Tyto oblasti byly vnímány monokulárně a propouštěly 50 % intenzity světla. Tomu byly přizpůsobeny světelné podmínky vyšetřovacích místností. Levým okem vyšetřovaný vnímal dolní šipku (místo stupnice viděl černé pole), pravým okem vnímal barevnou stupnici s bílou čarou uprostřed (analogicky viděl černé pole místo spodní šipky).

Průběh měření

Na začátku každého měření byl figurant obeznámen se strukturou a obecnými principy měření křivky fixační disparity. Poté mu byl změřen naturální vízus do dálky, případně stanovena optimální korekce (pokud byl figurant spokojen se svou dosavadní korekcí, byla mu během měření ponechána) a vízus s optimální/dosavadní korekcí. V případě malých hodnot krátkozrakosti či dalekozrakosti bylo přihlédnuto i na fakt, zda figurant korekci v běžném životě nosí. Pro účely testování byla použita zkušební obruba s kruhovými analyzátory s proměnným úhlem polarizace od firmy Oculus.

Následovalo stanovení minimální prizmatické hodnoty ke korekci horizontální i vertikální heteroforie pomocí křížového testu na Polatestu od firmy Zeiss. Toto vyšetření bylo provedeno zejména proto, aby případná nekorigovaná vertikální odchylka neovlivnila průběh křivky horizontální fixační disparity. Případná vertikální prizmatická korekce byla figurantovi ponechána, zjištěná horizontální prizmata byla po zaznačení z korekce vyjmuta.



Obrázek 24: Fotografie Malletova testu na Polatestu od firmy Zeiss. Centrální fúzní podnět „OXO“ a noniové čáry jsou na bílém pozadí (pozitivní polarizace). Tyto noniové čáry jsou vnímány každá pouze jedním okem. Test umožňuje měřit hodnotu horizontální asociační forie, avšak křivku fixační disparity vygenerovat neumožňuje (chybí možnost kvantifikovat danou odchylku).

Na začátku následného detekování křivky fixační disparity byl figurant požádán, aby měl otevřené oči pouze nezbytně dlouhou dobu na spolehlivé určení vzájemné polohy stupnice a šipky při zachovaném jednoduchém binokulárním vidění. Následně byl vyzván, aby oči zavřel. Po patnácti sekundách oči otevřel a zahlásil, jestli (a kam) se šipka vzhledem ke středové čáře stupnice posunula. Zaznamenal-li pacient posunutí šipky vzhledem k počáteční poloze stupnice směrem vlevo, oči mu v dané chvíli konvergovaly a nastala fixační disparita typu „eso“. Pokud se šipka posunula spod nejdelší čáry stupnice doprava, oční pár byl vzhledem k navozenému vergenčnímu požadavku v divergentním postavení (jinými slovy v postavení nedostatečně konvergentním) a vznikla fixační disparita typu „exo“.

Vyšetřovaný byl upozorněn, aby se vzájemnou polohu stupnice a šipky pokaždé snažil popsat co nejpřesněji a nejrychleji zároveň (tj. co nejdříve po otevření očí a vzniklé fúzi, případně po prvotním ustálení obrazů). Při delším pohledu totiž začíná působit pomalá složka vergenční adaptace, jež u jedinců s normálními binokulárními funkcemi

způsobuje posun vychýlené šipky směrem ke středuⁿ. U symptomatických pacientů adaptace probíhala *pomaleji* a v menší míře, případně neprobíhala *vůbec*.

Po kvantifikování hodnoty fixační disparity bez předsazených prizmat figurant dostává do zkušební obruby jednotlivá prizmata s bází střídavě nasálním a temporálním směrem. Nasální kroky jsou v intervalu 0,5 pD, temporální po 1 pD. Pokud vyšetřovaný jeví dostatečně mohutnou vergenční adaptaci, mohou se temporální kroky zvýšit (například při 6 pD BO figurant pořád vidí šipku uprostřed pod střední čarou stupnice, v nejbližším temporálním kroku mu předsadíme rovnou 9 pD BO). Čím vyšší předsazená prizmatická hodnota, tím větší odchylku lze očekávat. Je důležité dbát o to, aby figurant vždycky nahlásil vzájemnou polohu noniových čar při *jednoduše viděném* centrálním fúzním podnětu. Figurant byl instruován, aby vyšetřujícího upozornil, až jej začne vidět dvojitě (dvojitě vidění nastává, dopadá-li obraz mimo Panumova areálu). V takovém případě vergenční požadavek v daném směru již překonává možnosti fúzních rezerv, měření dosáhlo krajní hodnoty. Až se tak stane z obou směrů působení účinku prizmat, měření křivky fixační disparity končí.

Po skončení detekce křivky se figurant přesunul opět před Polatest, kde absolvoval ještě krátké srovnávací měření asociační forie na Malletově testu pro korekci horizontální fixační disparity. Kromě asociační forie byly zaznamenány i krajní prizmatické hodnoty, při kterých ještě viděl noniové čáry zarovnané. Vygenerované křivky i s výsledky z Malletova testu jsou graficky znázorněny v příloze.

IV. 5: Sledované parametry a jevy

Praktická část této práce sleduje tyto parametry vygenerovaných křivek:

- typ (tvar) křivky
- velikost a směr naměřené fixační disparity (průsečík s osou „y“)
- velikost a orientace naměřené asociační forie (průsečík s osou „x“)
- sklon křivky

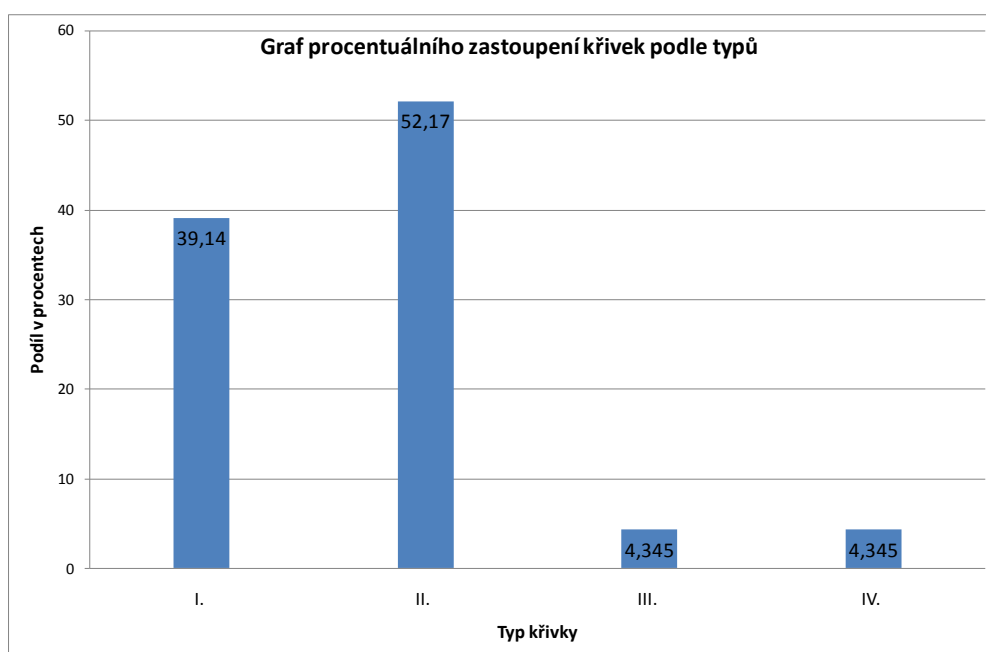
ⁿ Tento jev se nazývá prizmatická adaptace, u asymptomatického jedince je žádoucí. Uvolňuje vergenční stres způsobený prizmaty. Viz kapitola III.

Naměřené hodnoty asociační forie budou statisticky srovnány s hodnotami stejného parametru získaného z Malletova testu.

Testování se uskutečnilo na vzorku 23 figurantů, 13 mužů a 10 žen ve věkovém rozmezí 20-57 let. U šesti z nich bylo testování v horizontu několik týdnů až měsíců jednou opakováno kvůli zjištění reprodukovatelnosti měření. U zjištěného symptomatického figuranta bylo provedeno i třetí měření s aplikovanou asociační forií z předešlých měření. Do statistického rozboru bylo započteno pouze jedno měření od každého subjektu.

IV. 6: Výsledky praktické části

Z 23 testovaných subjektů vykazoval pouze jeden symptomy spojené s námahou binokulárního vidění, což představuje 4,35 % z celkového počtu. Vzhledem k tvaru a rozsahu Panumova areálu lze předpokládat incidenci symptomů v presbyopickém věku u přibližně 22 % figurantů.



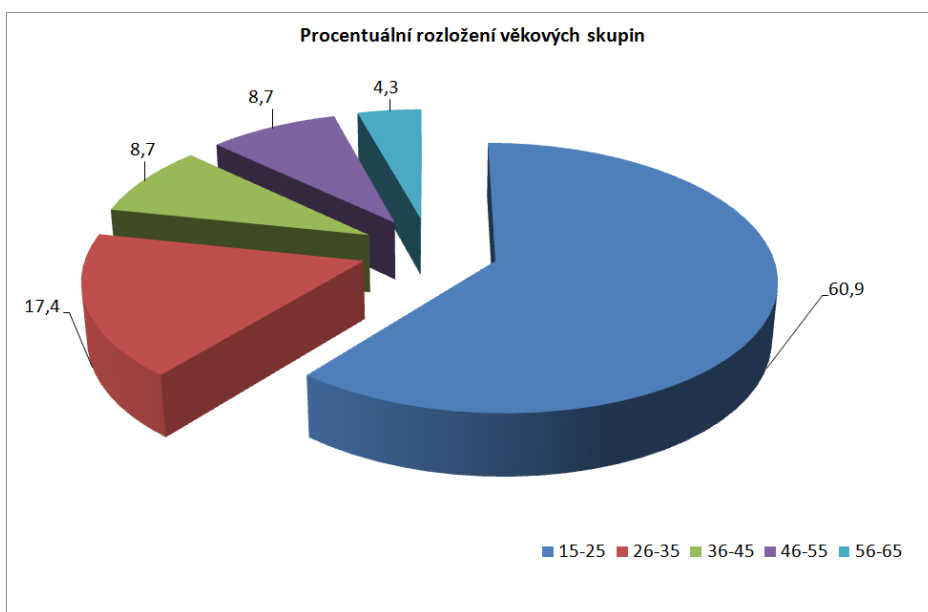
Obrázek 25: Graf procentuálního zastoupení typů křivek vygenerovaných ve výzkumu. Nejvyšší podíl zaznamenala křivka typu II (eso) s převládající vergenční adaptací na prizma aplikováno bázi temporálně (base-out, BO).

U 65 % případů byla hodnota asociační forie menší nebo stejná jako korekční hodnota jejich disociované heteroforie (měřeno na křížovém testu Polatestu®). Zbýlých 35 % vykazovalo větší hodnotu asociační forie. Nenulovou fixační disparitu během testování vykazalo 52 % subjektů.

Ze získaných dat byly stanoveny průměrné hodnoty, směrodatné odchylky a střední hodnoty (modus) sledovaných parametrů (viz tab. 1-3). Údaje jsou mimo celkového přehledu (tab. 1) za účelem získání normálních hodnot uvedeny pro vyšetřované osoby bez symptomů (tj. jedince bez příznaků únavy, bolestí hlav a jiných astenopických potíží způsobených excesivní námahou binokulárního systému- tab. 2) a dále samostatně pro osoby bez symptomů s nenulovou hodnotou fixační disparity (tab. 3). Tabulku č. 3 lze zároveň považovat za tabulku normálních hodnot u jedinců vykazujících fixační disparitu.

Všechny křivky s potřebnými daty a další statistické dokumenty k práci jsou přítomny v elektronické formě na přiloženém CD. Interpretace naměřených výsledků je rozepsaná v diskuzi.

Obrázek 26: Graf procentuálního rozložení figurantů podle věkových skupin. Dominantní se stala skupina 15-25 let, do níž spadá většina studentů optometrie.



Parametr	FD [eso +; exo -]	AF [BO +; BI -]	Mallet AF	Sklon [Y/X]
Průměr	1,01	1,33	0,89	0,50
Směrodatná odchylka	1,90	2,36	1,94	0,56
Modus	0	0	0	0

Tabulka 1: Naměřené hodnoty sledovaných parametrů všech 23 subjektů (pro každý subjekt pouze jedno měření). Popis veličin: FD- fixační disparita při nulovém vergenčním požadavku v úhlových minutách, kladná hodnota představuje eso-odchylku, záporná exo-odchylku. AF- asociační forie v prizmatických dioptriích, kladná hodnota pro bázi umístěnou temporálně, záporná hodnota pro bázi nazálně. Mallet AF- asociační forie naměřena na Malletově testu na Polatestu. Sklon- podíl hodnot z průsečíků os „y“ a „x“.

Parametr	FD [eso +; exo -]	AF [BO +; BI -]	Mallet AF	Sklon [Y/X]
Průměr	0,72	1,07	0,59	0,49
Směrodatná odchylka	1,33	2,07	1,36	0,57
Modus	0	0	0	0

Tabulka 2: Naměřené hodnoty sledovaných parametrů u asymptomatických subjektů (včetně jedinců s nulovými hodnotami). Pro tabulku platí stejný popis veličin jako pro tabulku 1.

Parametr	FD [eso +; exo -]	AF [BO +; BI -]	Mallet AF	Sklon [Y/X]
Průměr	1,31	1,96	1,08	0,90
Směrodatná odchylka	1,56	2,47	1,69	0,47
Modus	1,25	2	1	1,25

Tabulka 3: Naměřené hodnoty sledovaných parametrů u asymptomatických subjektů s nenulovou fixační disparitou. Dané hodnoty představují normativní hodnoty jednotlivých parametrů pro daný test. Pro tabulku platí stejný popis veličin jako pro tabulku 1.

IV. 7: Diskuze

Provedený experiment prokázal, že vytvořený polarizovaný test pro měření fixační disparity a příslušné křivky při pohledu do dálky je prakticky využitelný, přičemž byly z údajů stanovených na vybraném vzorku určeny normální průměrné hodnoty měřených veličin pro aplikaci tohoto testu. Pro jejich zobecnění by bylo vhodné rozšířit počet vyšetřovaných osob. V dalším textu jsou podrobněji diskutovány jednotlivé sledované parametry.

Z výsledků uvedených v podkapitole IV. 6 vyplývá, že průměrná zjištěná fixační disparita je typu eso. Tato skutečnost odpovídá tendenci očí zaujímat v klidové pozici polohu mírně eso (tzv. klidová konvergence na bod vzdálen cca 1,2-1,5 m před okem). Tuto hodnotu šlo změřit pouze na našem experimentálním testu (vyčíslena je v tab. 1, kap. IV. 6), poněvadž referenční Malletův test slouží pouze k měření asociační forie.

Z výsledků rovněž vyplývá, že pro distanční testování nelze jednoznačně přisoudit typ křivky určité skupině symptomů. Naopak, samotný typ křivky bez doprovodných parametrů vůbec nevyovídá o povaze případných symptomů. K tomu je potřeba znát ostatní parametry z křivky, případně k dokreslení celkového obrazu o stavu binokulárního vidění i hodnotu korekce disociované heteroforie.

Ze srovnání hodnot asociační forie je patrné, že náš test vykazuje vyšší korekční hodnoty eso-odchylek i analogicky nižší hodnoty exo-odchylek než Malletův test. Tuto

skutečnost mohla způsobit souhra různých faktorů. Jedním z nich může být i nedokonalá disociace vjemů noniových čar u konkrétního použitého Malletova testu. Slabý zbytkový obraz, jenž se promítal i do druhého oka, mohl ve výsledném vjemu způsobit snížení vnímané odchylky. Hypoteticky lze brát v úvahu i rozdíl ve vyšetřovací vzdálenosti, která při měření činila pět metrů pro náš test a šest pro Malletův. Náš test vykazuje i vyšší hodnotu směrodatné odchylky měřených hodnot. Vzhledem k počtu vyšetřovaných osob může být výsledek zkreslen jedním výsledkem, kdy při velmi nízké hodnotě přítomné fixační disparity byla naměřena hodnota asociační forie na našem testu 9 pD temporálně, zatímco na Malletově testu vyšla pouze 4,5 pD temporálně (daný figurant byl přes relativně vysokou hodnotu asociační forie zcela jednoznačně bez symptomů, velmi pravděpodobně se jednalo o chybový model fixační disparity s neobvykle mohutnou vergenční adaptací). Vynecháme-li tento případ ze statistické analýzy, hodnota směrodatné odchylky u asociační forie pro náš test se zmenší na 1,32, čím předčí i hodnotu směrodatné odchylky Malletova testu (v daném případě 1,40). Tento příklad je zde uveden proto, aby si čtenář mohl objektivně vytvořit na problematiku vlastní názor. Ze statistik vynechán nebyl.

Zajímavým údajem z výsledků je přibližně 35 procent (8 z 23) subjektů s vyšší hodnotou naměřené asociační forie než je korekce jejich heteroforie. U pěti případů se jedná o nulovou heteroforii a malou hodnotu fixační disparity do dálky. U dalších dvou případů se jedná patrně o vliv zvýšené amplitudy akomodace, jež byla vyvolána fúzní konvergencí (eso-fixační disparita), a která se u heteroforie kvůli disociaci neprojeví (výsledná korekční hodnota esoforie bude teda menší než asociační forie). Poslední figurant dovedl úplně kompenzovat exoforii a fixační disparitu jen zčásti.

Posledním statisticky sledovaným parametrem byl sklon křivky. Ten lze měřit v jejích různých místech.⁽¹⁾ Nejvhodnějším způsobem se za daných podmínek jeví měření průměrného sklonu mezi průsečíky s osami x a y. Číselná hodnota sklonu vyjadřuje míru vergenční adaptace. V uvažovaném případě ji získáme podílem hodnoty fixační disparity a asociační forie (Y/X). Čím je výsledné číslo nižší, tím je adaptace mohutnější. Získané výsledky se od v literatuře udávaného sklonu 1'/pD pro asymptomatické jedince liší jen v rámci daném směrodatnou odchylkou.

Mezi důležité vlastnosti testu patří stabilita výsledků. Opakovaně měřené křivky jsou relativně stejné (liší se pouze v oblastech vyššího vergenčního zatížení a v odlišnostech, které lze očekávat u měření v odlišném čase či stavu figuranta). Příslušné hodnoty asociační forie byly při opakovaném měření většinou identické (viz srovnání křivek fixační disparity v příloze).

Z provedených měření dále vyplývá, že v praxi není nutné během vyšetřování křivky postupovat v tak malých prizmatických krocích, jak tomu bylo v tomto výzkumu. Vzhledem k průběhu konkrétních křivek se jako dostatečný jeví krokový rozestup po 3 pD temporálně a 2 pD nazálně. Vidíme-li alespoň určitý nárůst hodnot exo-fixační disparity u temporálního vergenčního požadavku, přičemž manifestována hodnota fixační disparity při nulovém vergenčním požadavku nepřesahuje navrhované normativní hodnoty a pacient netrpí žádnými binokulárními potížemi, můžeme křivku považovat již v rané fázi vyšetření za normální.

V testovaném spektru se nevyskytl prakticky ani jeden pacient se symptomatologicky slabou vergenční adaptací. Bylo by proto potřebné otestovat ještě symptomatické pacienty se slabší vergenční adaptací.

Provedená měření též ukazují na skutečnost, že při užití studovaného testu nelze jednoznačně označit jeden konkrétní typ křivky jako symptomatický. Asymptomatický pacient může do dálky vykazovat křivku jak prvního, tak i druhého, méně často pak třetího či čtvrtého typu. Podle studií uvedených v literatuře však lze předpokládat, že tento poznatek nelze zobecnit pro měření do blízka. Proto by bylo vhodné studovaný test realizovat a experimentálně prověřit v modifikaci do blízka. Při jeho praktické aplikaci by suspektní pacient absolvoval měření křivky fixační disparity do blízka a po nalezení případné optimální formy korekce by byl následně s touto otestován na stávajícím testu pro detekci křivky fixační disparity do dálky.

Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena jak na teoretický rozbor jednotlivých procesů a výsledků analýzy křivky fixační disparity vynucené změnou vergenčního požadavku (dále jen křivka fixační disparity), tak i na praktické zhotovení testu pro realizaci jednotlivých úkonů a ověření teoretických poznatků spojených s touto analýzou. Práce se detailně zabývá parametry křivky fixační disparity, jež vyšetřujícímu poskytují jedinečný diagnostický obraz o stavu, schopnostech a flexibilitě binokulárního systému vyšetřovaného subjektu.

Práce též popisuje a srovnává dva základní přístupy k analýze a korekci fixační disparity- motorický (jenž je rozšířen zejména v USA a v krajinách Spojeného království) a senzorický (aplikován v německy mluvících krajinách Evropy).

Dále se práce orientuje na metodický rozbor motorického přístupu. Podrobně popisuje parametry a typy křivek fixační disparity. Po obeznámení se všemi důležitými aspekty měření následují kapitoly mapující možnosti korekce případné odchylky, kde se ukazuje další důležitá role křivky během kontrolních vyšetření úspěšnosti zvoleného způsobu korekce.

Praktická část práce je věnována realizaci experimentálního polarizačního testu pro měření křivky horizontální fixační disparity při pohledu do dálky. Návrh a konstrukce sleduje nejnovější studie zabývající se vlivem vlastností jednotlivých komponentů testu (například velikost a provedení fúzních podnětů, vertikální separace monokulárně vnímaných noniových čar a podobně) na velikost a reprodukovatelnost naměřených hodnot fixační disparity či asociační forie. Cílem bylo provést analýzu fixační disparity do dálky a zjistit normativní hodnoty diagnostických parametrů daného testu. Měření se zúčastnilo 23 osob různého věkového zastoupení, celkem bylo provedeno 30 měření. Postup měření, výsledky a interpretace naměřených hodnot jsou v práci rovněž zahrnuty. Všechny křivky jsou součástí přílohy (následující strany). Souhrn všech naměřených dat, soubor statistických výsledků i vygenerované křivky fixační disparity se nacházejí i na přiloženém CD.

V závěrečné diskuzi autor čtenáři na základě interpretace naměřených výsledků a zjištění předesílá argumentaci pro vznik obdobného testu pro měření křivky fixační disparity do blízka, jež by měl sloužit jako stěžejný diagnostický nástroj pro vyšetřování symptomatického pacienta. Univerzálnost stanovené korekce by poté byla ověřena (nebo vyvrácena) na obdobném testu do dálky (o jehož výrobě a implementaci pojednává praktická část této bakalářské práce).

Seznam použité literatury

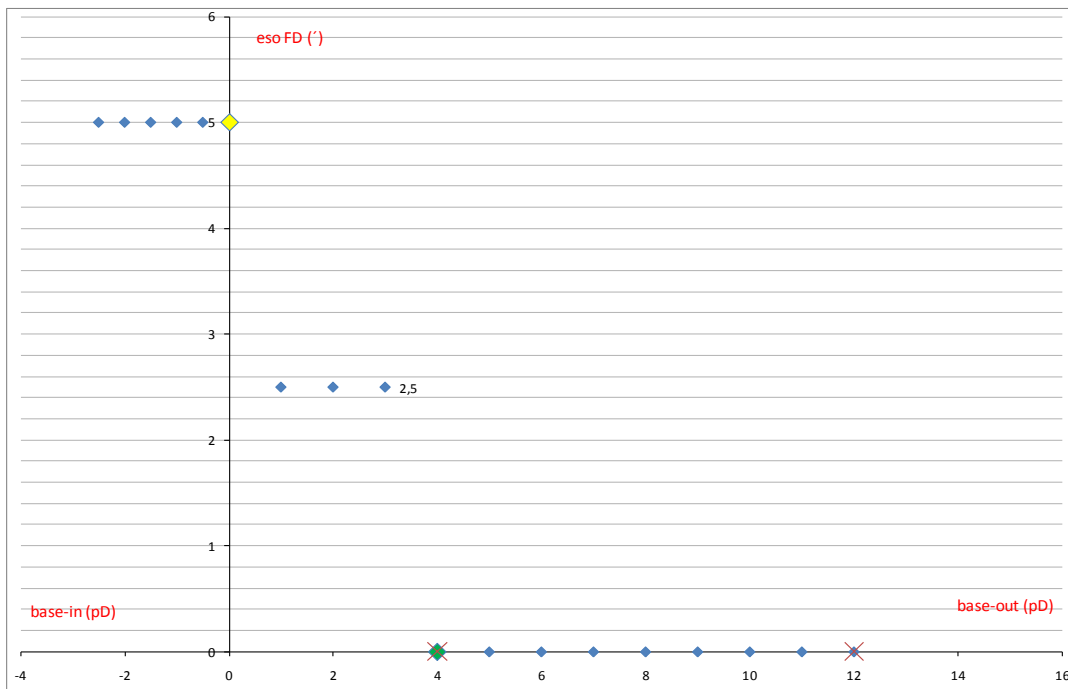
1. *Fixation disparity analysis: Sensory and motor approaches*. **Richard London, O.D., M.A, and Roger S. Crelier, M.S. Optom.** 2006, *Optometry*, stránky 590-608.
2. **Millodot.** The Free Dictionary . *Medical Dictionary*. [Online] [Citace: 28. 1 2010.] <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/orthophoria>.
3. **D.B. Elliot, PhD MCOptom FAAO.** Assesment of Binocular Vision. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. místo neznámé : Elsevier, 2007, stránky 153-183.
4. *Clinical Implications of Vergence Adaptation*. **Cooper, J.** 1992, *Optometry and Vision Science*, stránky 300-307.
5. **California, University of.** Vision Science. *University of California, Berkeley*. [Online] <http://vision.berkeley.edu/VSP/content/faculty/facprofiles/schor.html>.
6. **Scheiman M. O.D., Wick B., O.D., Ph.D.** Fixation Disparity. *Clinical Management of Binocular Vision*. Philadelphia : Lippincot Williams and Wilkins, 2002.
7. **Bernell.** Bernell Vision Therapy Product Company. [Online] <http://www.bernell.com/product/1199/8>.
8. **Steinman.** Arapaho Internet Server. *Northeastern University, USA*. [Online] 2009. [Citace: 24. 2 2010.] http://arapaho.nsuok.edu/~salmonto/vs3_materials/Lecture8.pdf.
9. **Scheiman M., O.D., Wick B., O.D., Ph.D.** Diagnosis and General Treatment Approach. *Clinical Management of Binocular Vision*. Philadelphia : Lippincott Williams and Wilkins, 2002, stránky 53-61.
10. **Pestalozzi Dr., David.** Dyslexia and Binocular Vision. *Psychology Science, Volume 45*. 2003, stránky 87-93.
11. **Scheiman M., O.D., Wick B., O.D., Ph.D.** Diagnostic Testing. *Clinical Management of Binocular Vision*. Philadelphia : Lippincot Williams and Wilkins, 2002, stránky 8-9.

12. **Scheiman M., O.D., Wick B., O.D., Ph.D.** Case Analysis and Classification. *Clinical Management of Binocular Vision*. Philadelphia : Lippincot Williams and Wilkins, 2002.
13. **Michael T. Ukwade, O.D., Ph.D., FAAO.** Effects of Nonius Line and Fusion Lock Parameters on Fixation Disparity. *Optometry and Vision Science*. červen 2000, 77, stránky 309-320.
14. **Scheiman M., O.D., Wick B., O.D., Ph.D.** Interactions Between Accomodation and Vergence. *Clinical Management of Binocular Vision*. Philadelphia : Lippincott Williams and Wilkins, 2002.
15. **Jaschinski W., Brode P., Griefahn B. .** Fixation Disparity and Nonius Bias. *Vision Research* 39. 1999, stránky 669–677.
16. Binocular vision: The Mallett fixation disparity test. *Optician Online*. [Online] 2006.
<http://www.opticianonline.net/Articles/2006/07/14/16125/Binocular+vision+The+Mallett+fixation+disparity+test.html?key=POSTGRADUATE>.

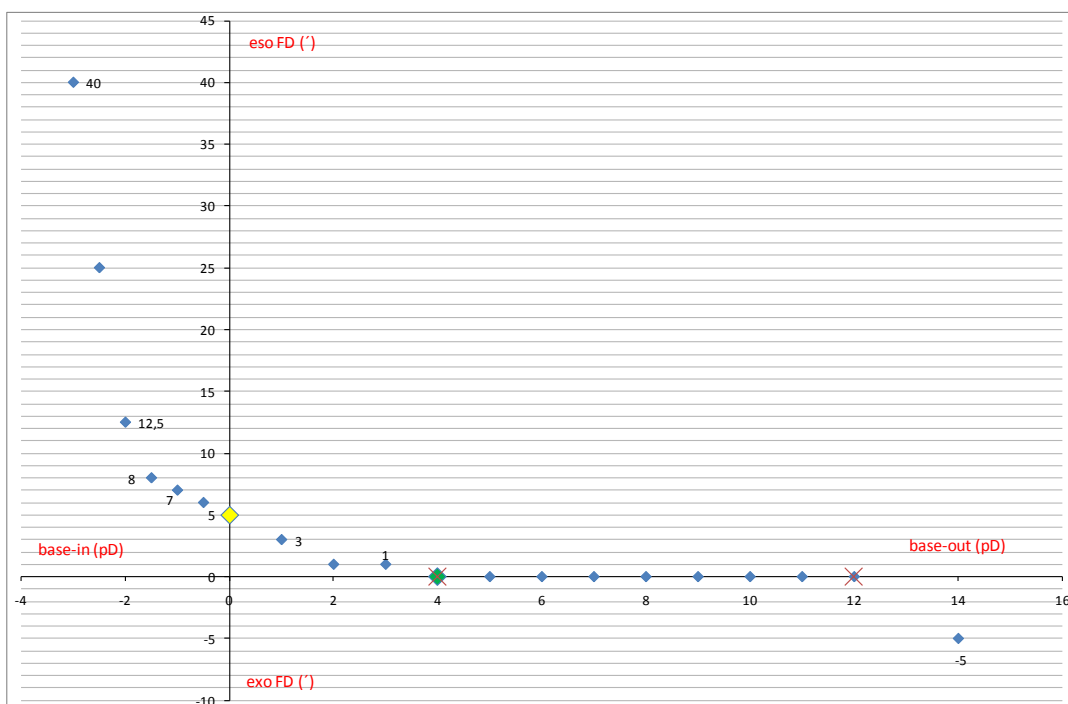
PŘÍLOHA

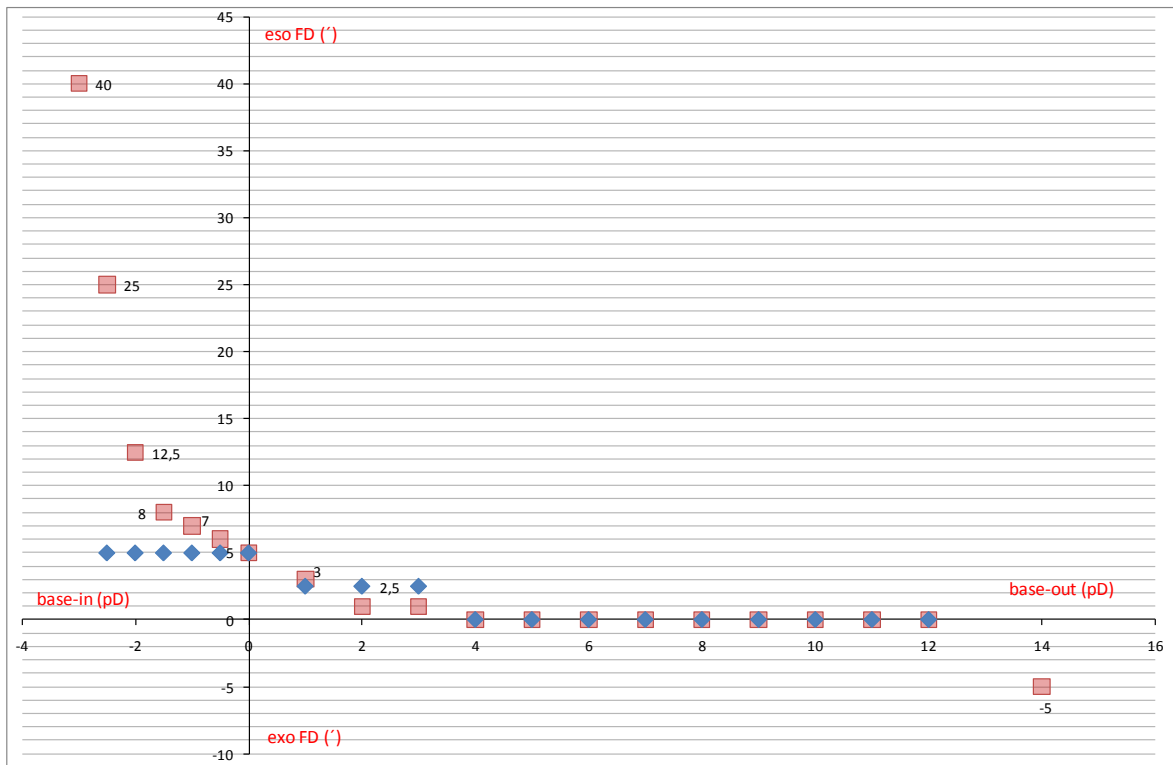
Grafy křivek horizontální fixační disparity vynucené změnou vergenčního požadavku

Subjekt 1: Křivky II. typu



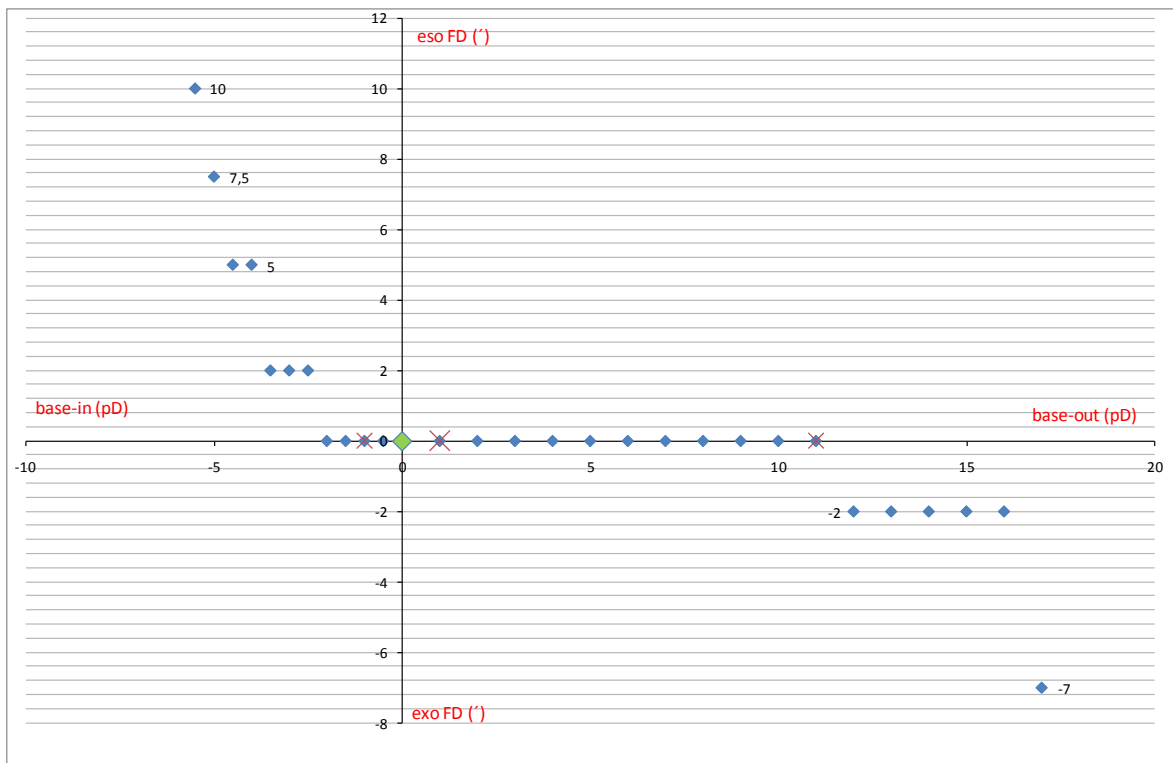
Graf obsahuje body křivky fixační disparity. Žlutý bod na ose „y“ vyjadřuje hodnotu fixační disparity, zelený na ose „x“ hodnotu asociační forie. Červené body v tvaru X (zde na číslech 4 a 12 osy „x“) vyjadřují naměřené hodnoty na Malletově testu.



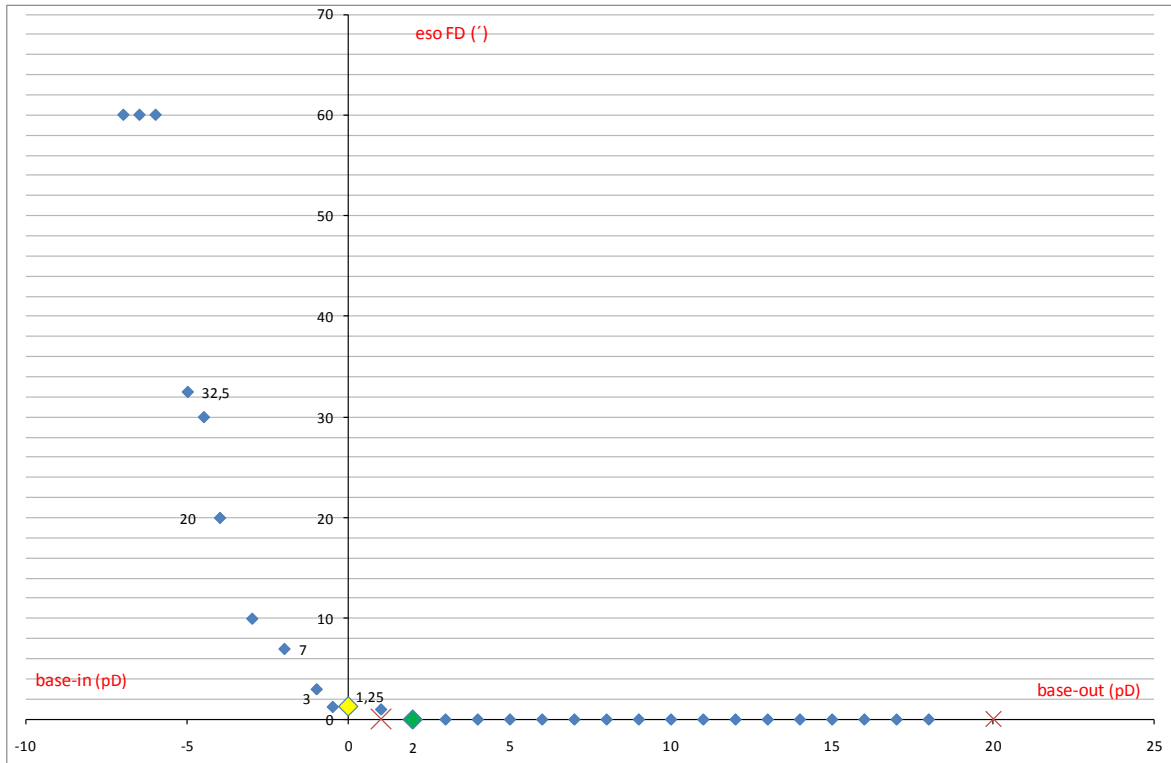


Srovnání obou grafů proložení ve stejné soustavě. Naměřené hodnoty asociační forie i fixační disparity se shodují.

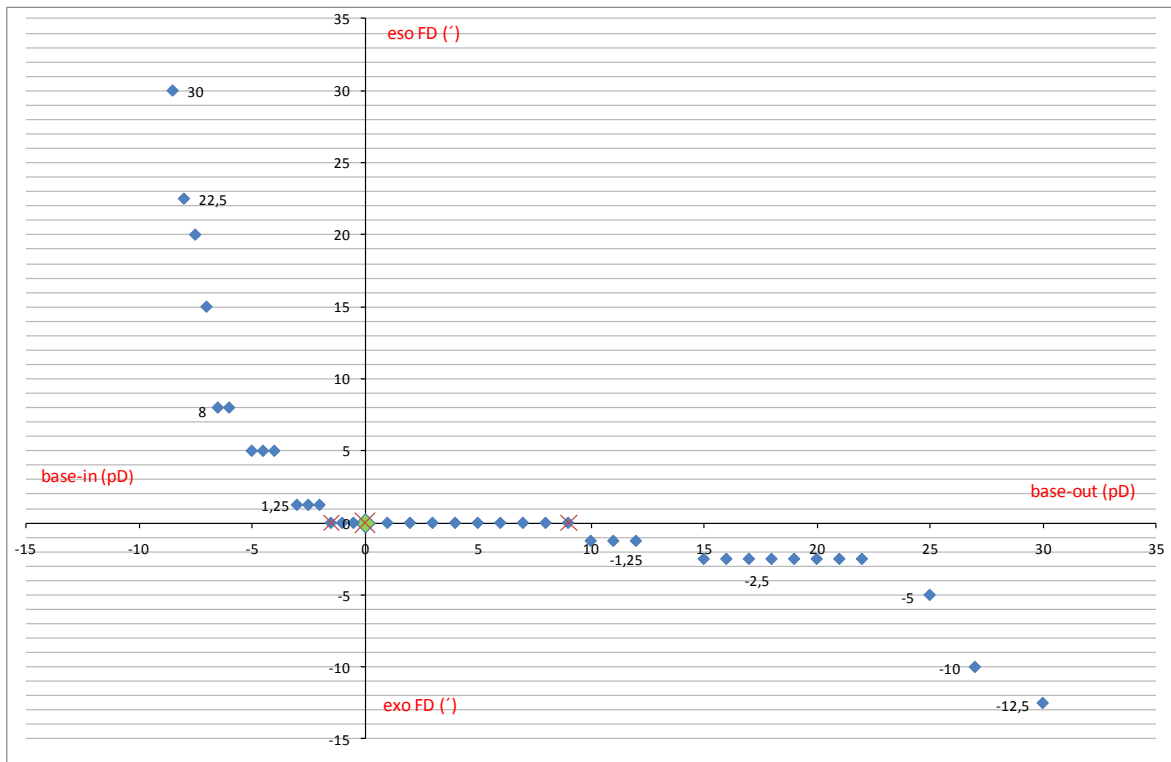
Subjekt 2: Křivka I. typu



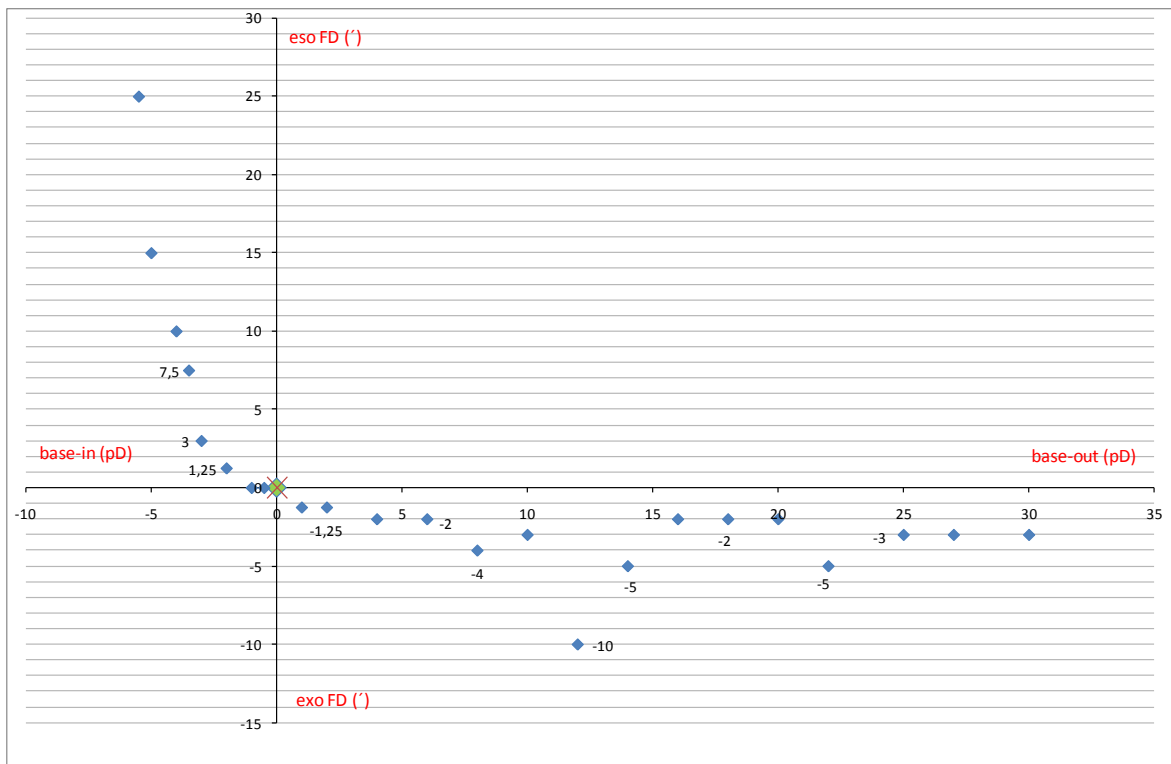
Subjekt 3: Křivka II. typu



Subjekt 4: Křivka I. typu

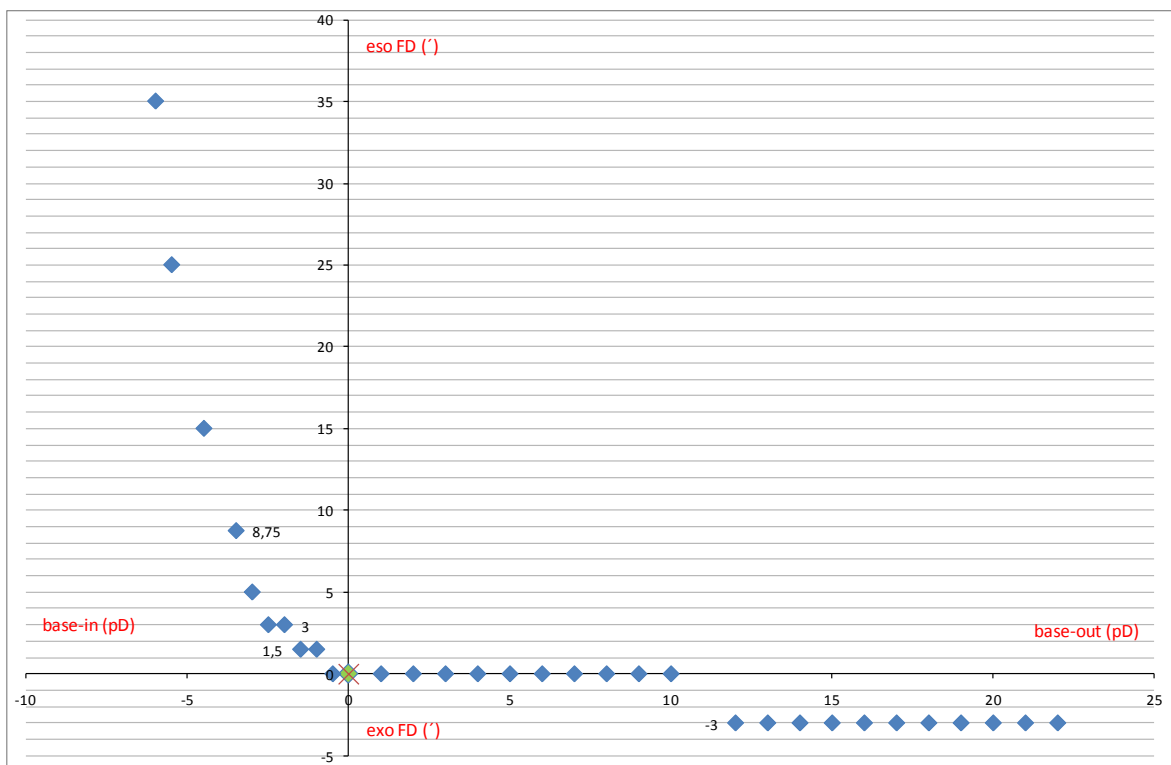


Subjekt 5: Křivka II. typu

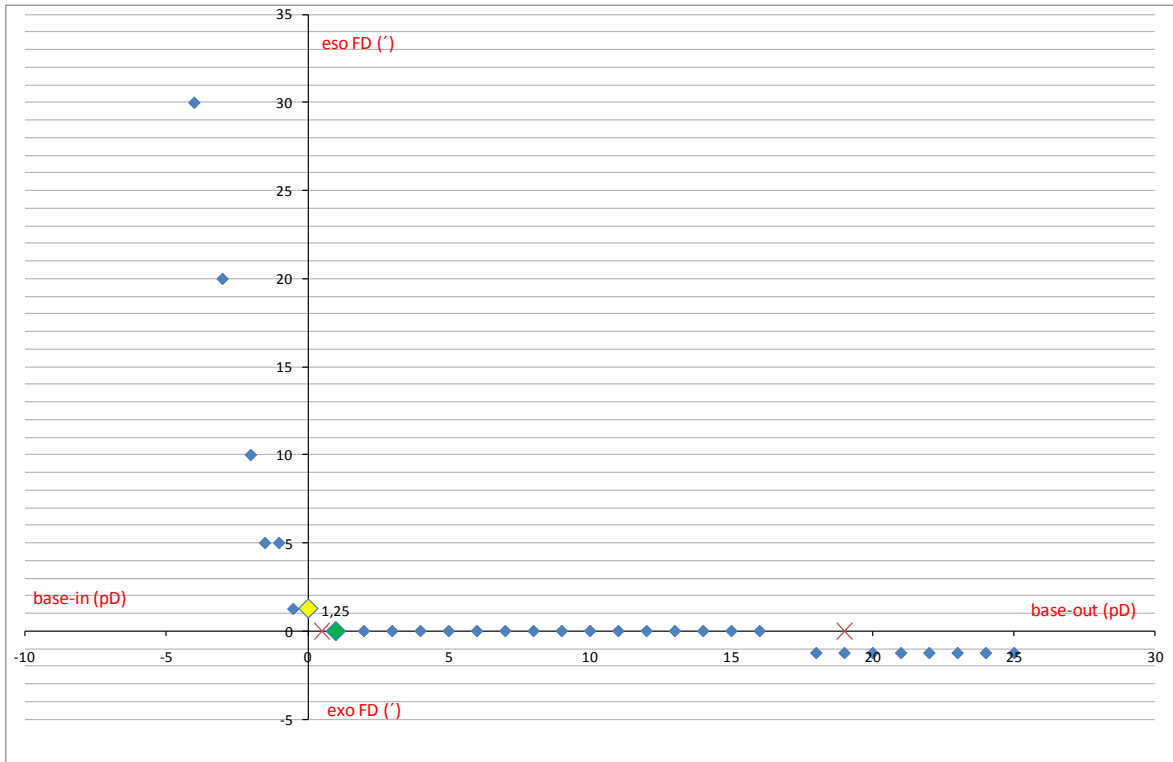


Nestabilní hodnoty v konvergenčním směru (base-out) mohou být způsobeny nízkou nekorigovanou myopií.

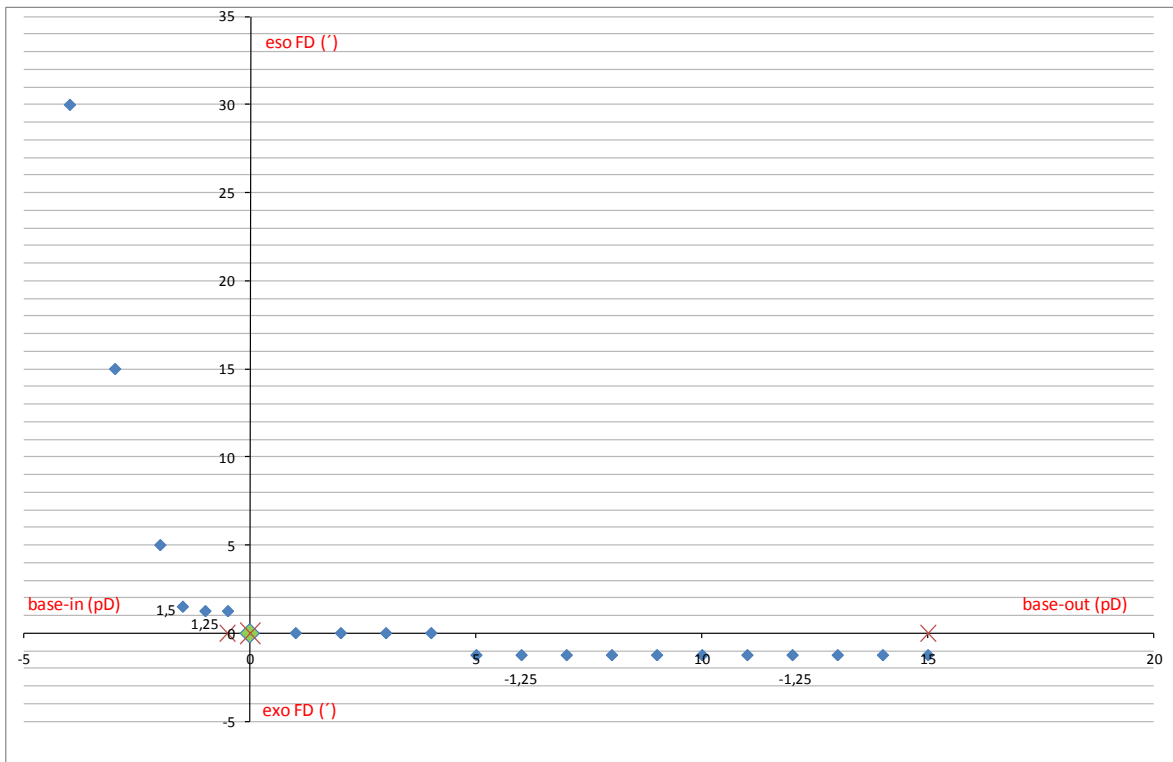
Subjekt 6: Křivka II. typu



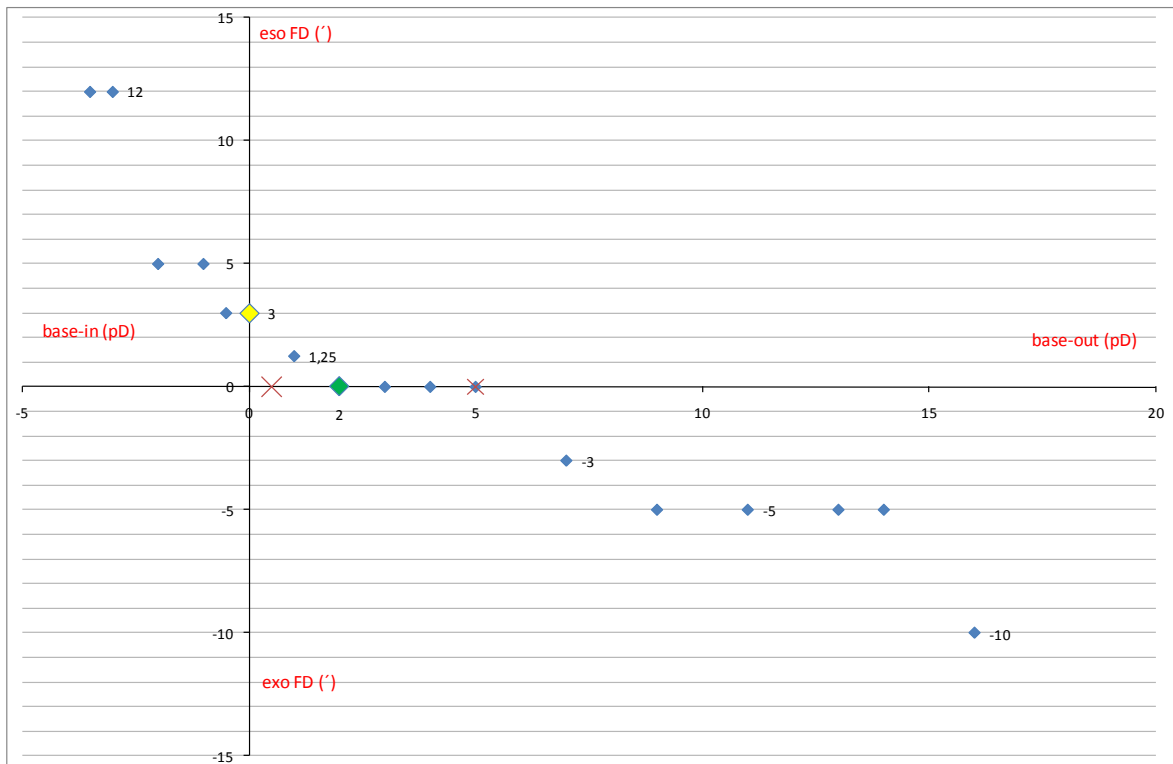
Subjekt 7: Křivka II. typu



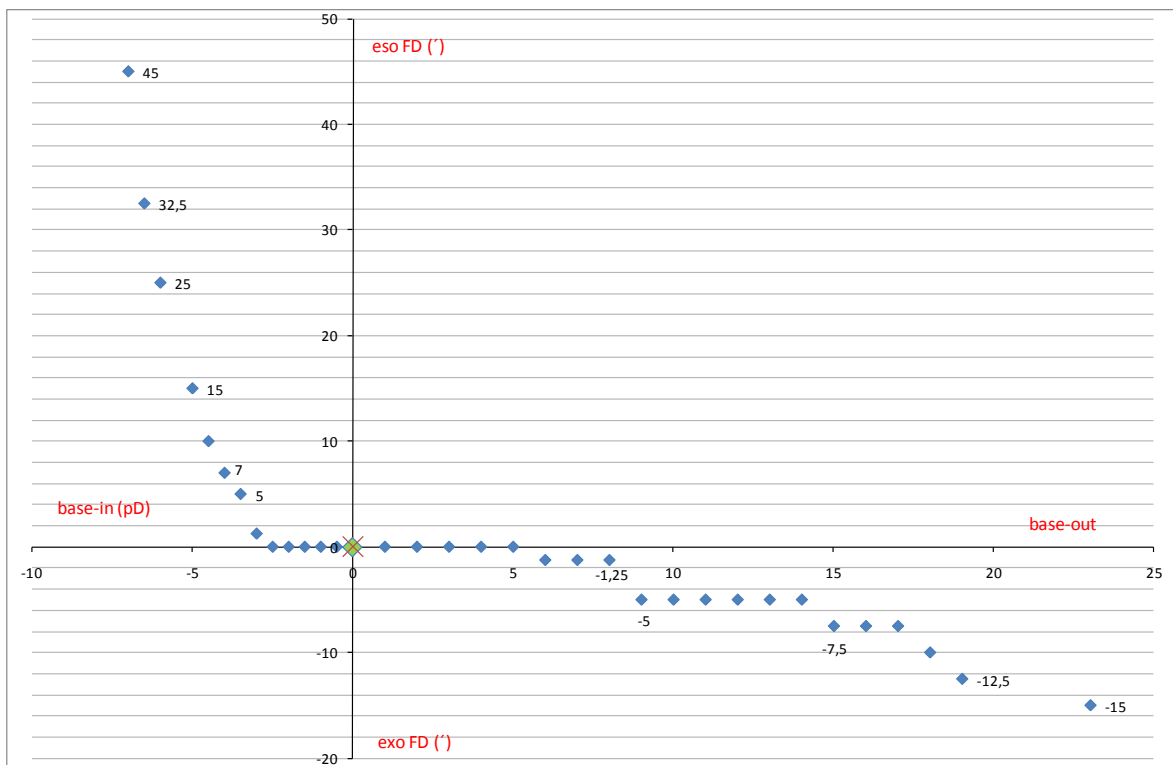
Subjekt 8: Křivka II. typu



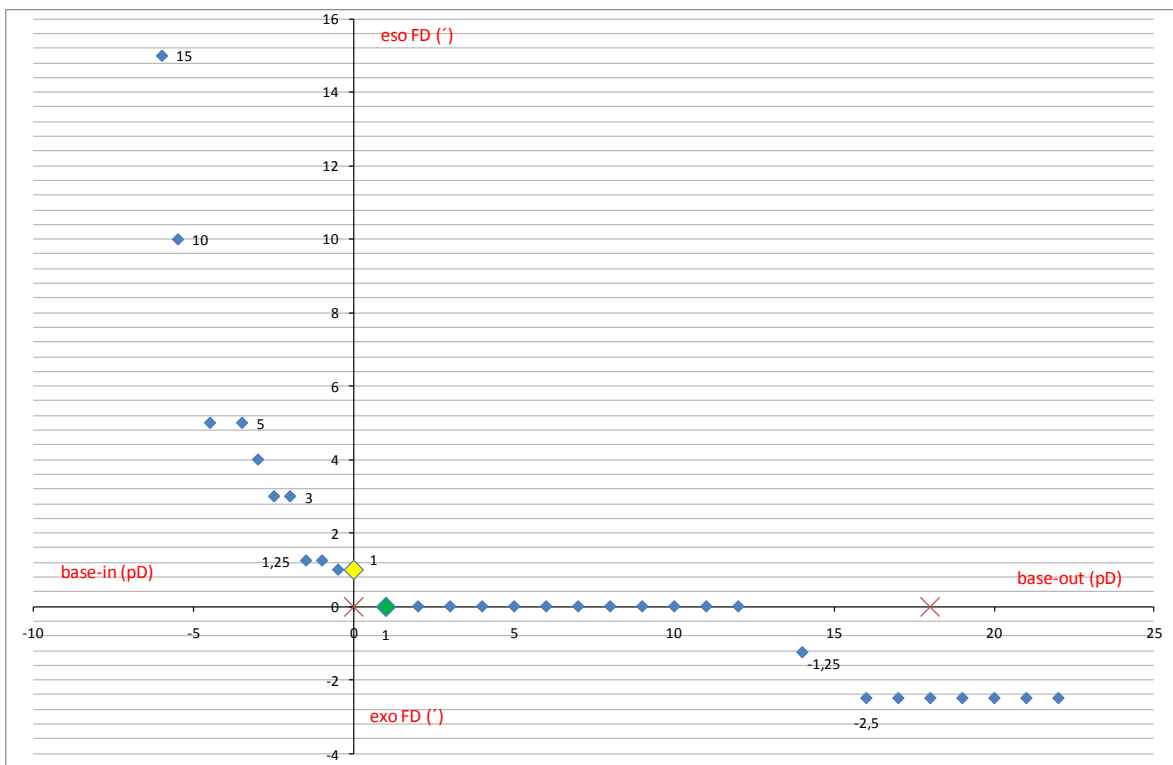
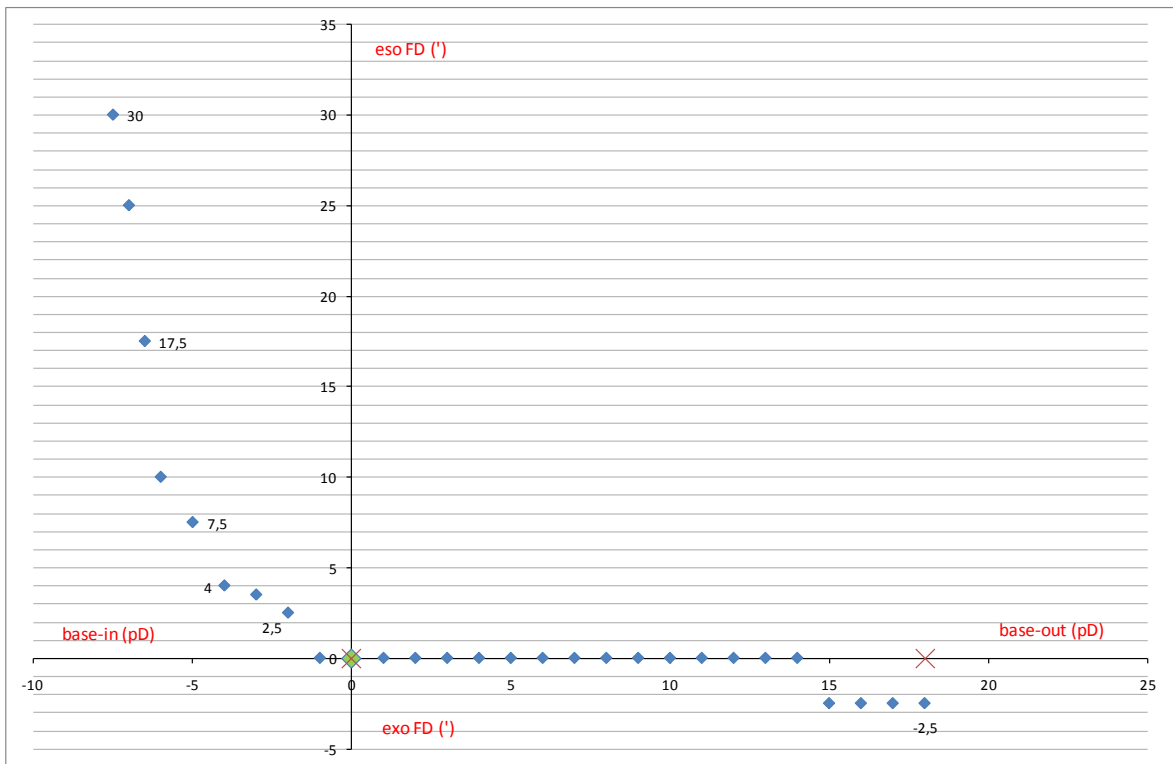
Subjekt 9: Křivka I. typu

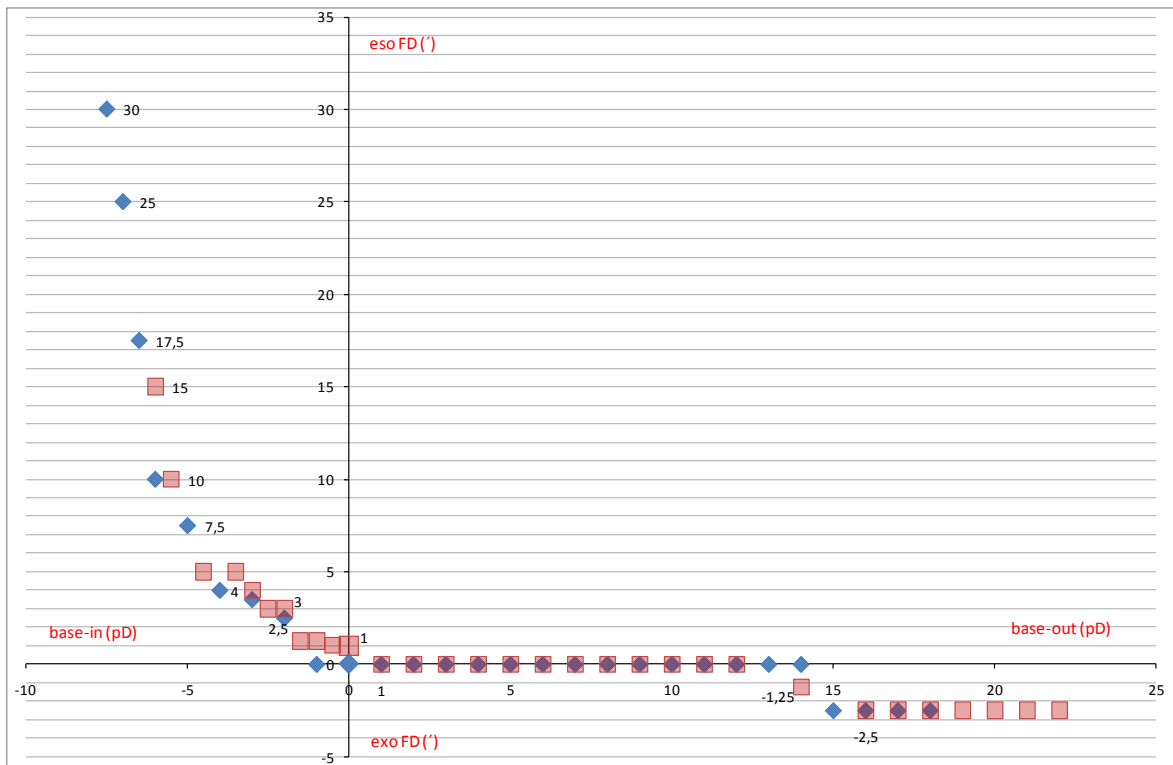


Subjekt 10: Křivka I. typu

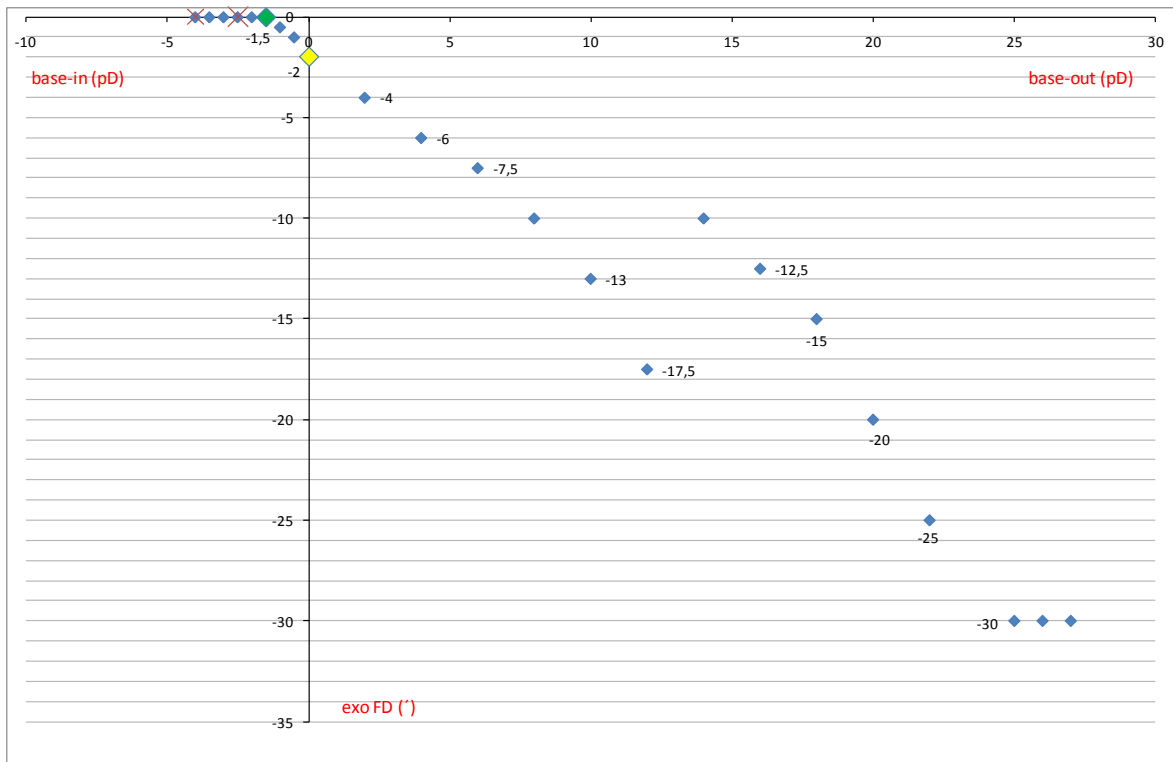


Subjekt 11: Křivky II. typu



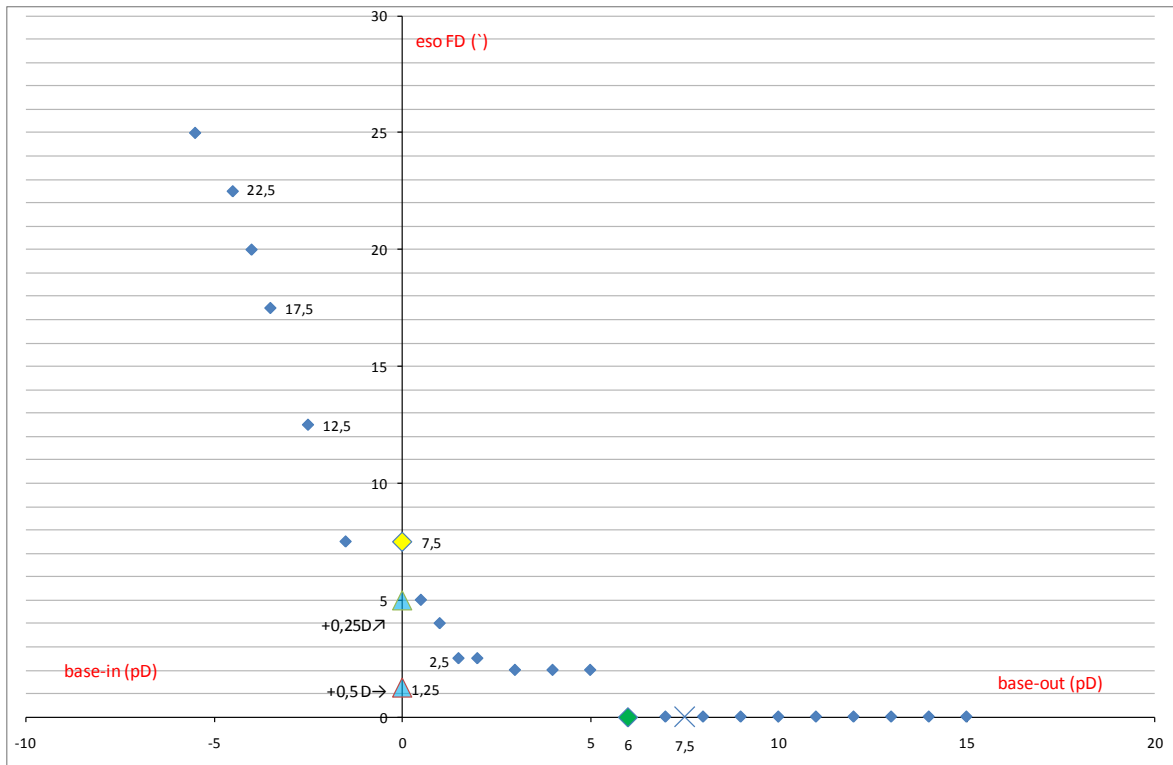


Subjekt 12: Křivka III. typu

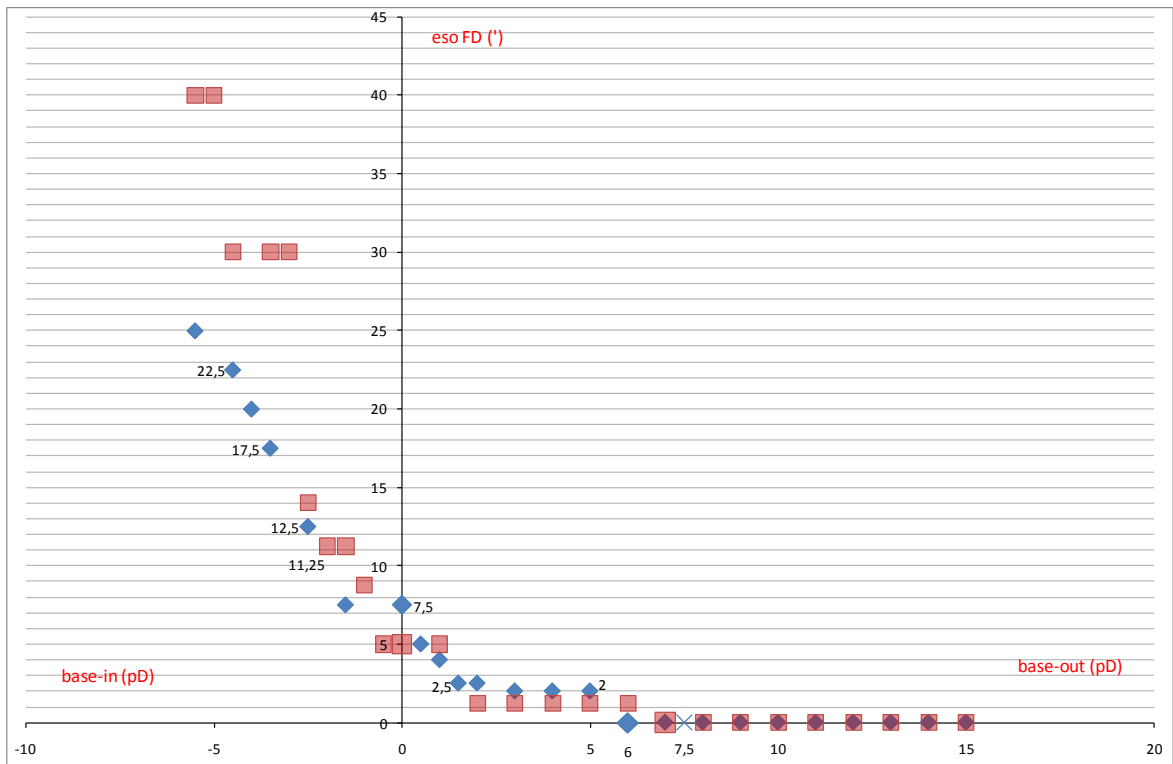


Daný subjekt dokázal svoji odchylku úplně vykompenzovat vůlí. Křivka byla vygenerována tak, že subjekt do testování vůlí nezasahoval.

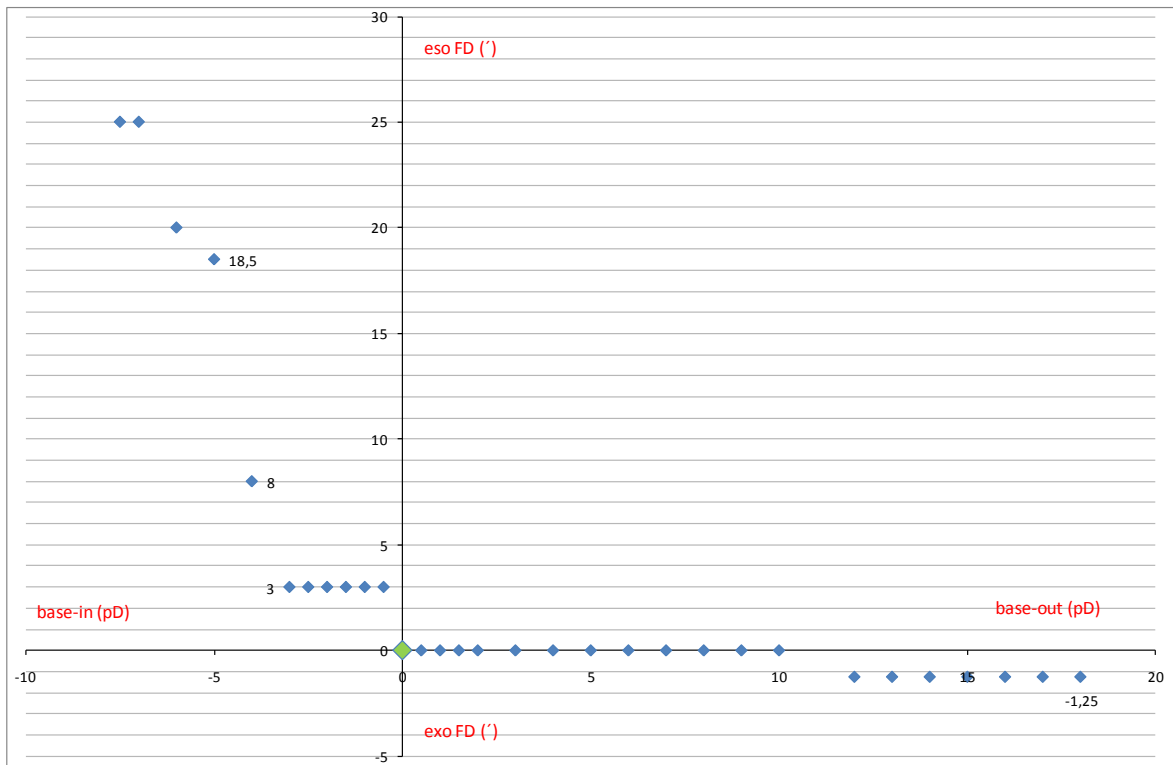
Subjekt 13: Křivky II. typu



Křivka symptomatického subjektu manifestujícího vyšší hodnotu eso-fixační disparity. Trojúhelníčky na ose „y“ udávají změnu velikosti fixační disparity úpravou sférické korekce, která se zdá být pro daného pacienta optimálním řešením. Opakované měření (modrá křivka dole) nabylo velmi podobné hodnoty.

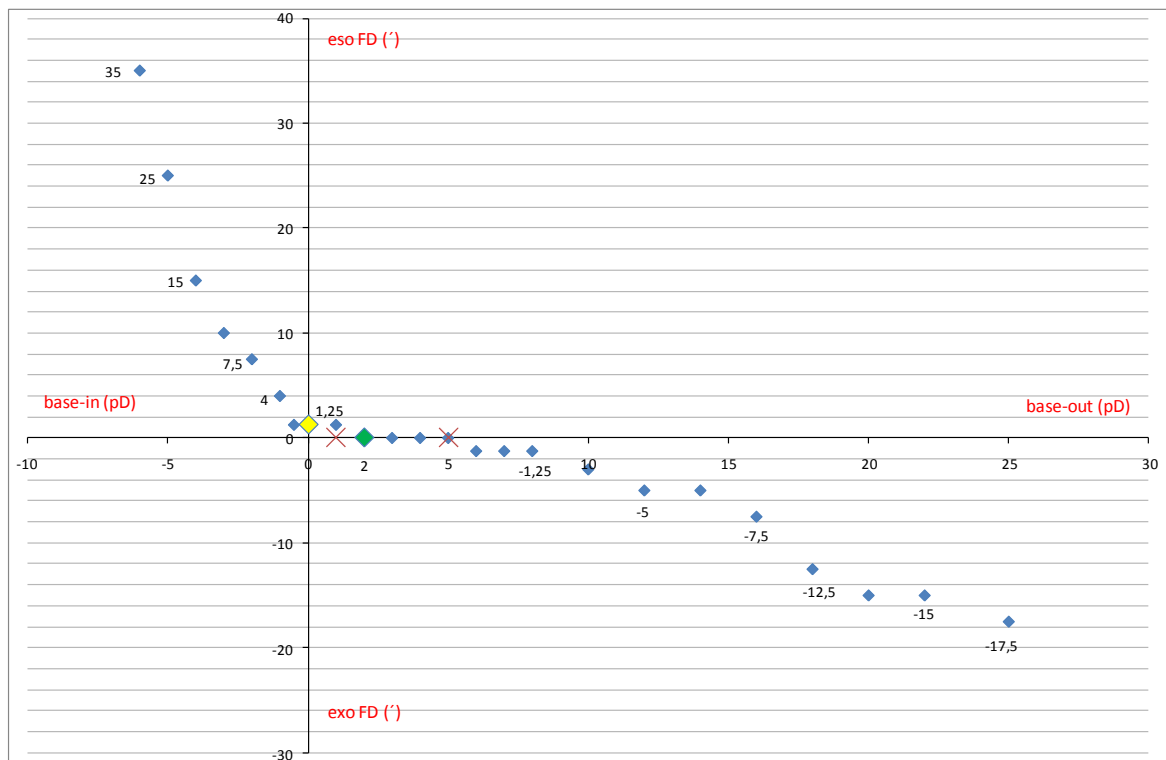


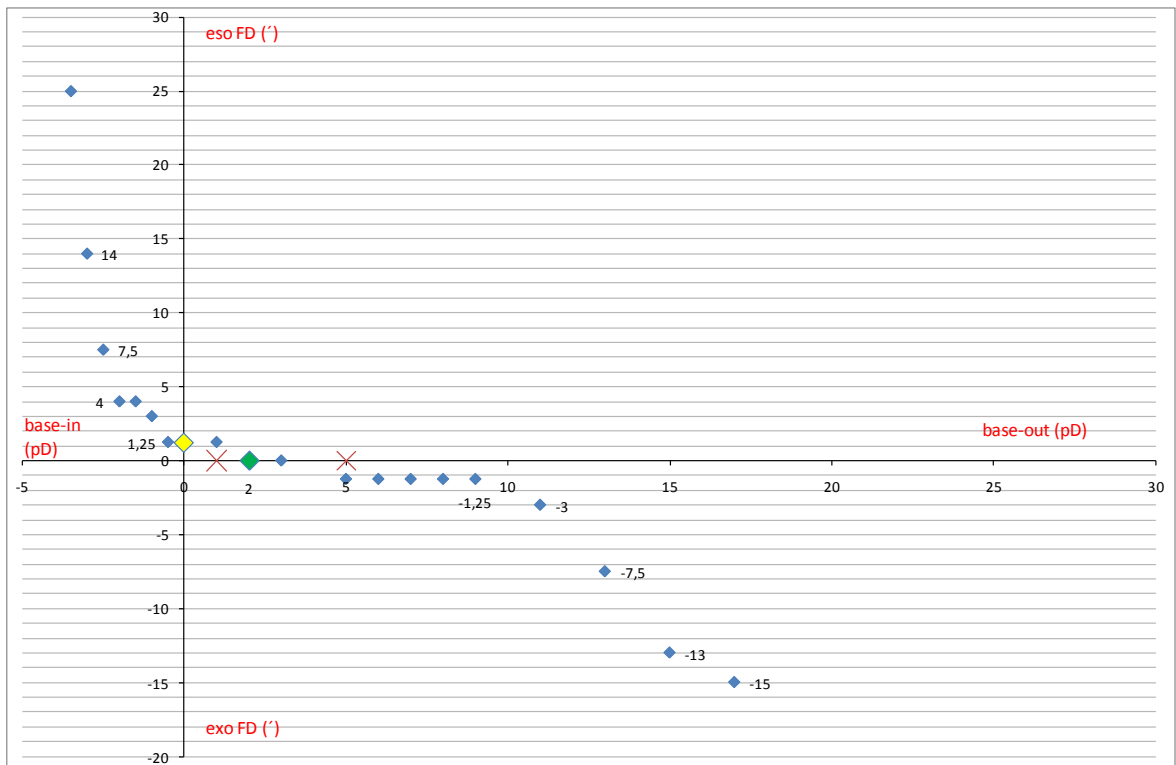
Srovnání dvou křivek symptomatického pacienta potvrzuje eso-fixační disparitu i rozsah fúzních rezerv.



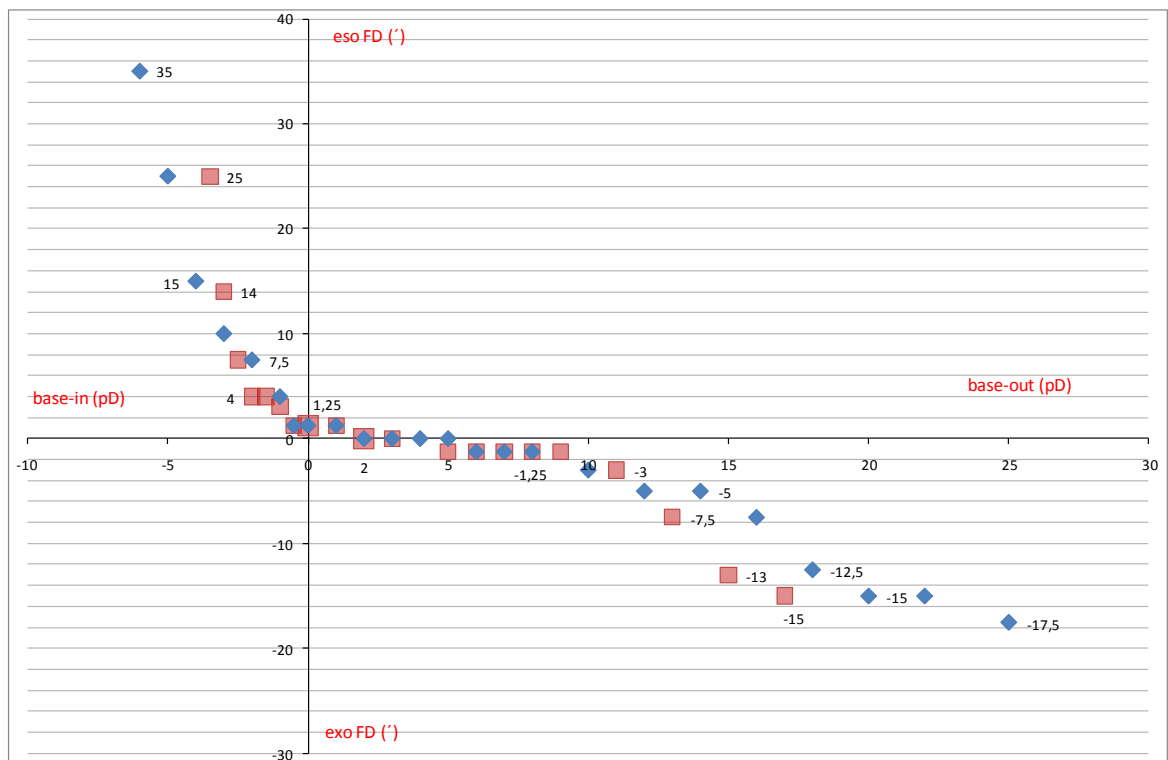
Křivka vygenerována s aplikovanou prizmatickou korekcí 7,5 pD BO. Pomáhá ulevit symptomům do dálky, avšak negativně ovlivňuje komfort vidění. Optimálním řešením je sférická úprava (adice).

Subjekt 14: Křivky I. typu

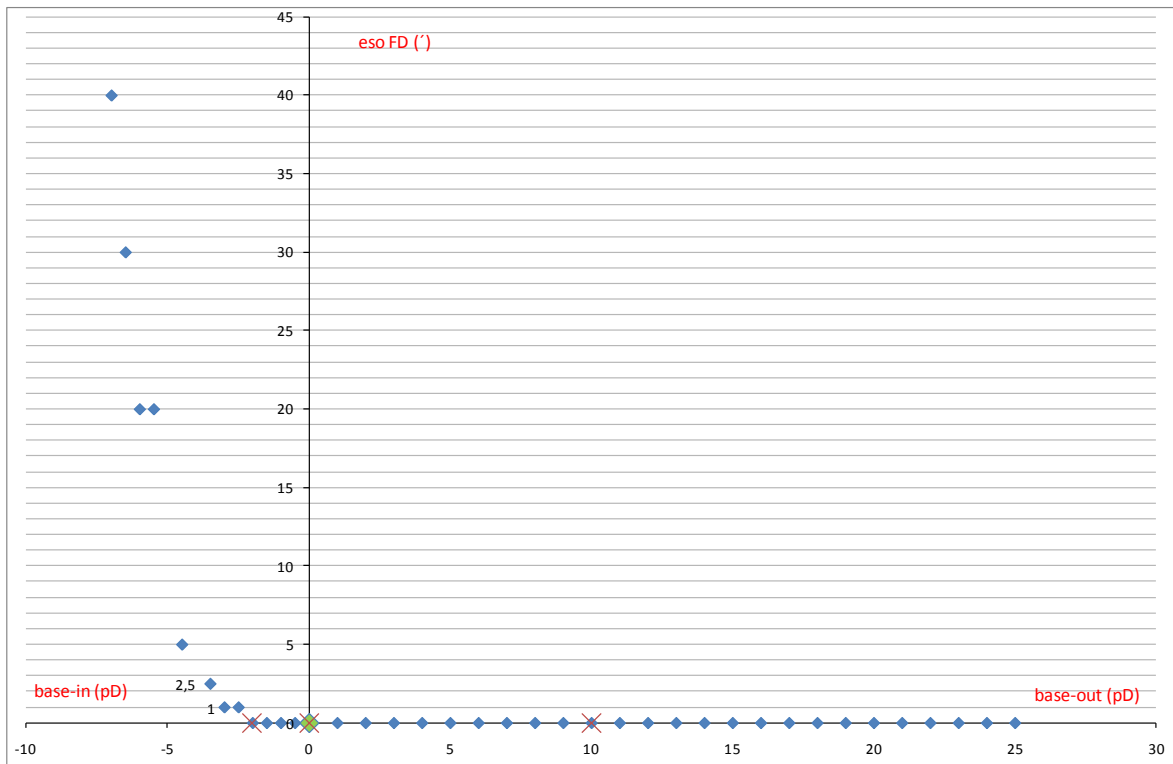




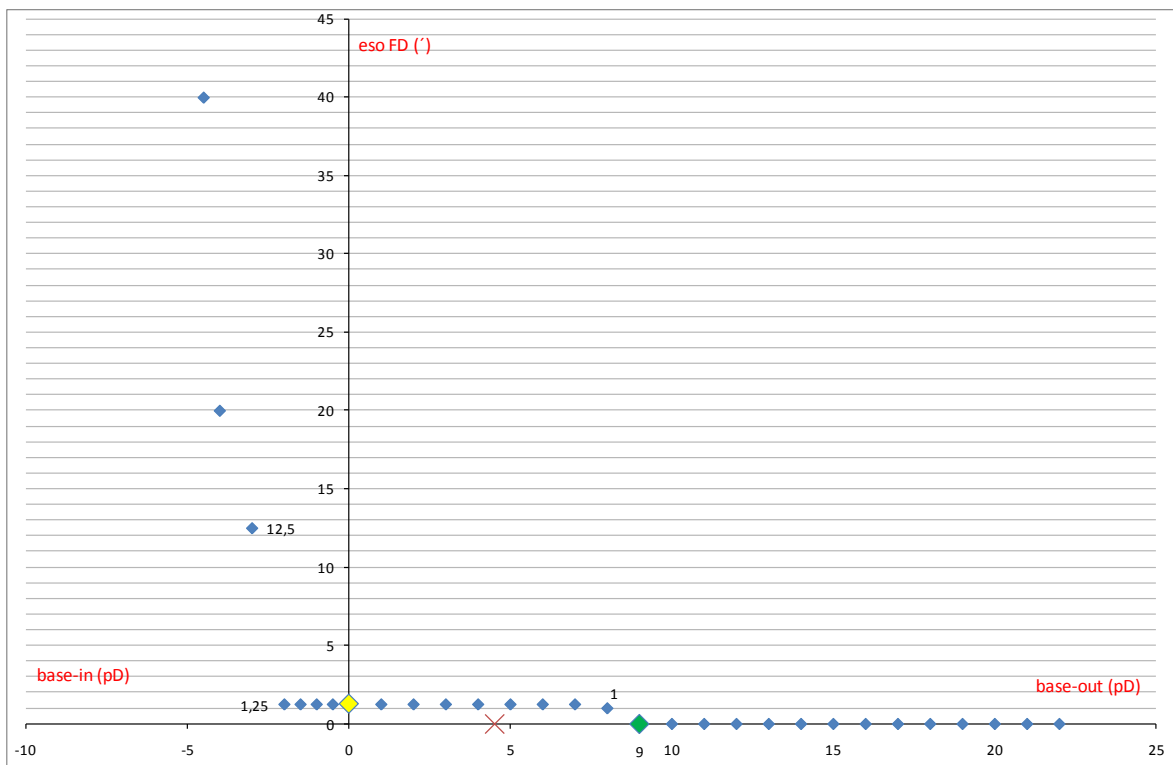
Snížené fúzní rezervy a slabší vergenční adaptace mohou předznamenat problémy v presbyopickém věku.



Subjekt 15: Křivka II. typu

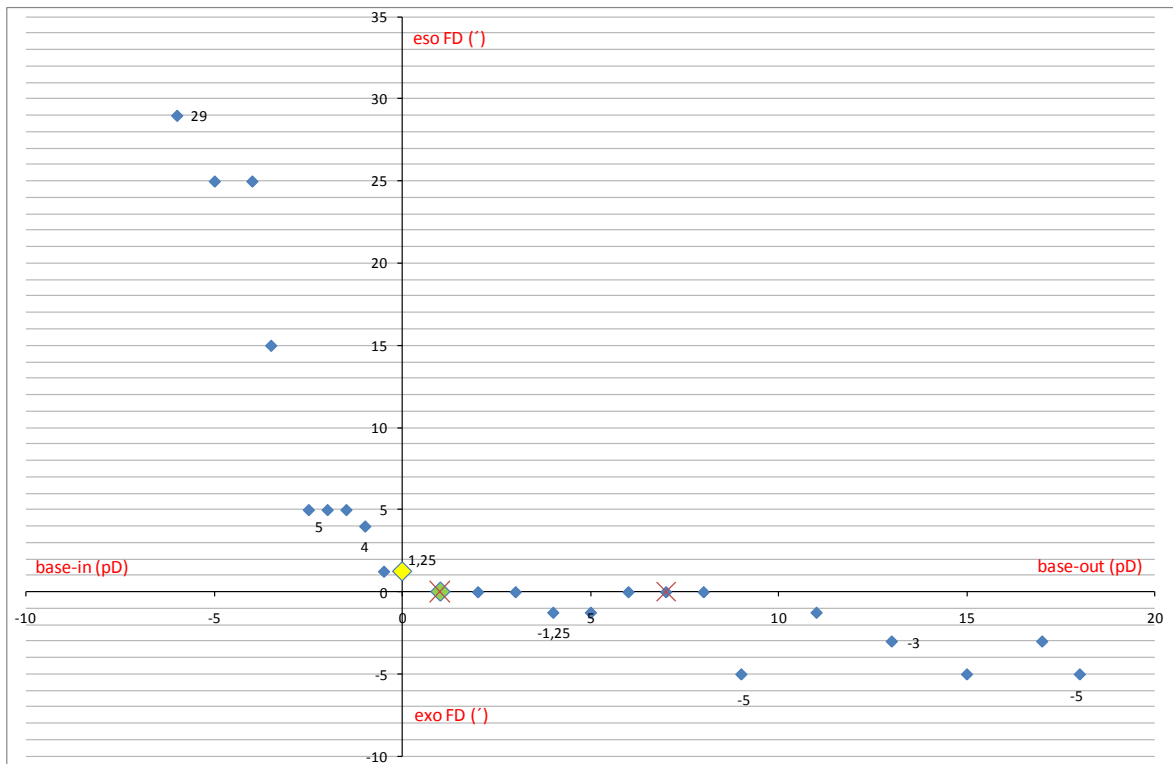


Subjekt 16: Křivka II. typu



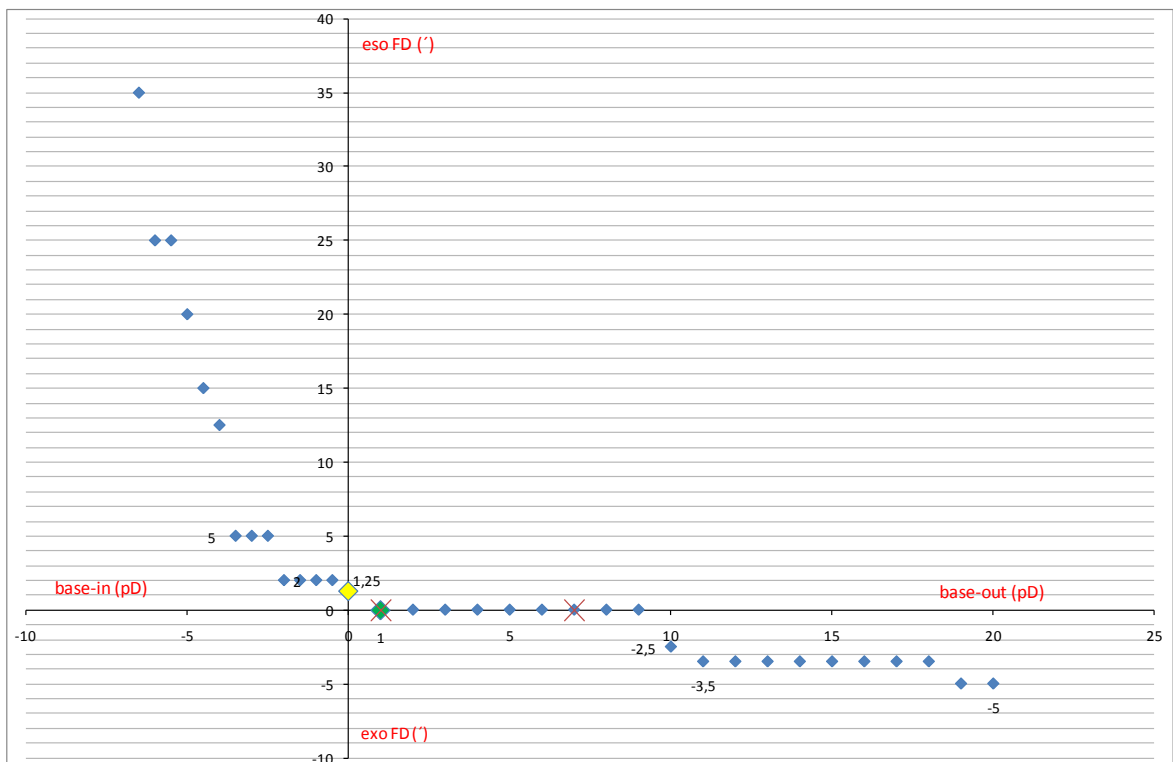
Ani vyšší hodnota asociační forie nemusí automaticky znamenat potíže s binokulárním viděním.

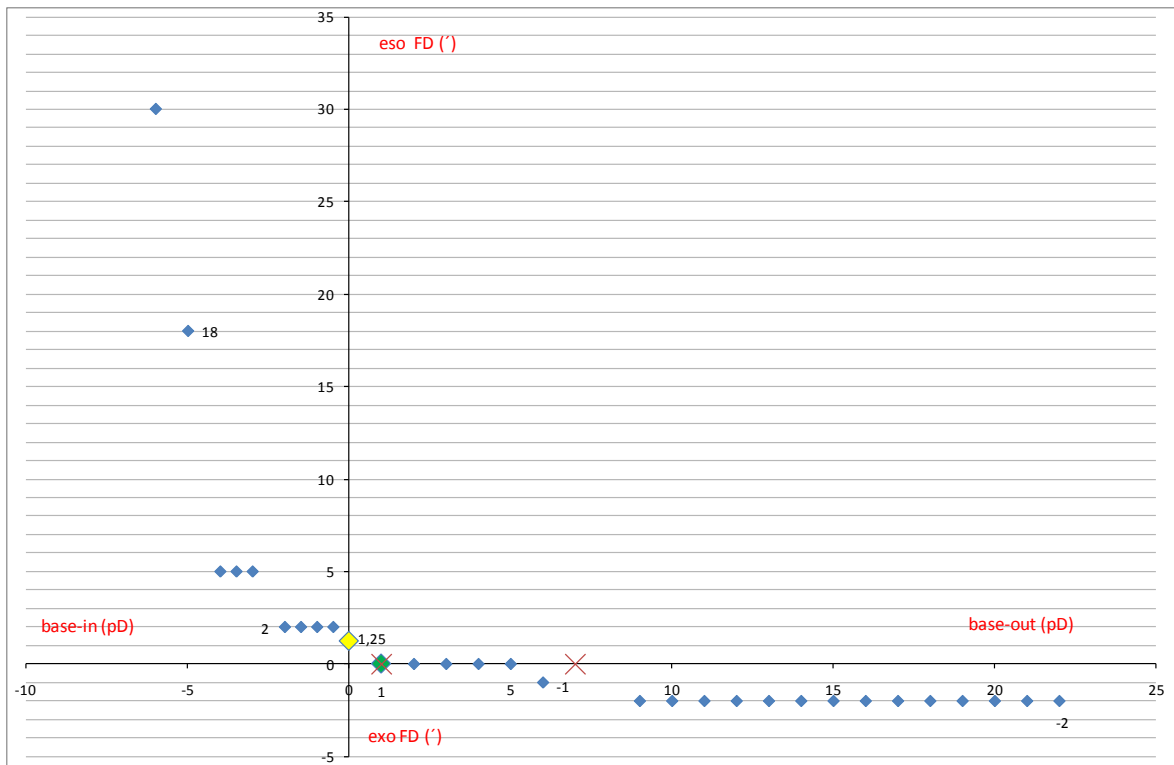
Subjekt 17: Křivka IV. typu



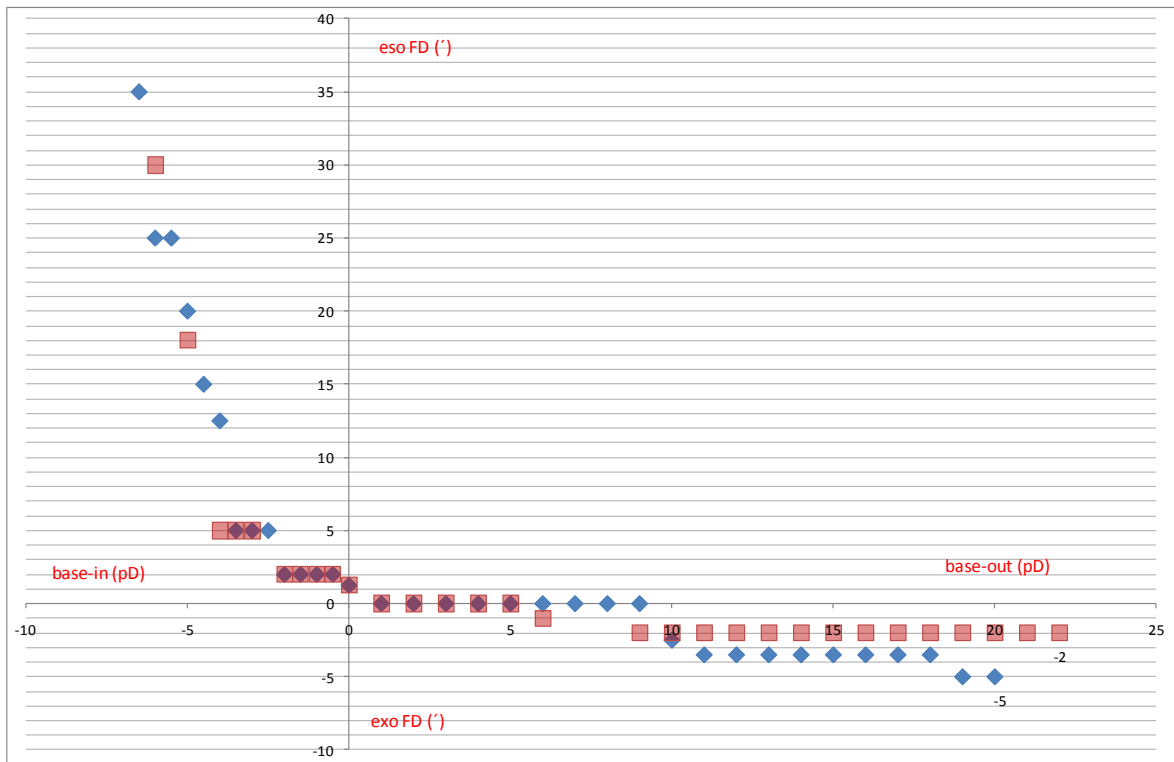
Nepravidelný chod křivky zejména při konvergenčním požadavku řadí křivku tohoto subjektu (delší dobu podkorigovaný myop) mezi nestabilní typy.

Subjekt 18: Křivky II. typu

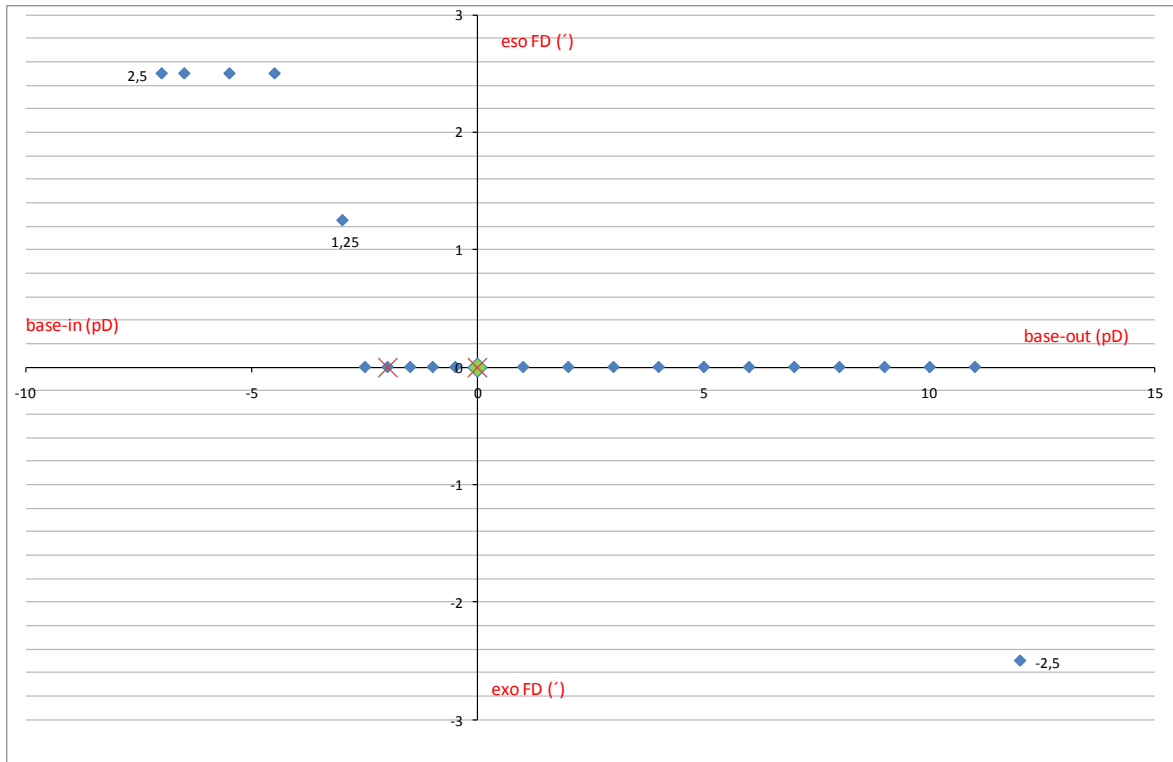




Daný dalekozraký subjekt nevykázal zásadní změnu v binokulární fixaci ani s plnou korekcí (horní křivka na této stránce).

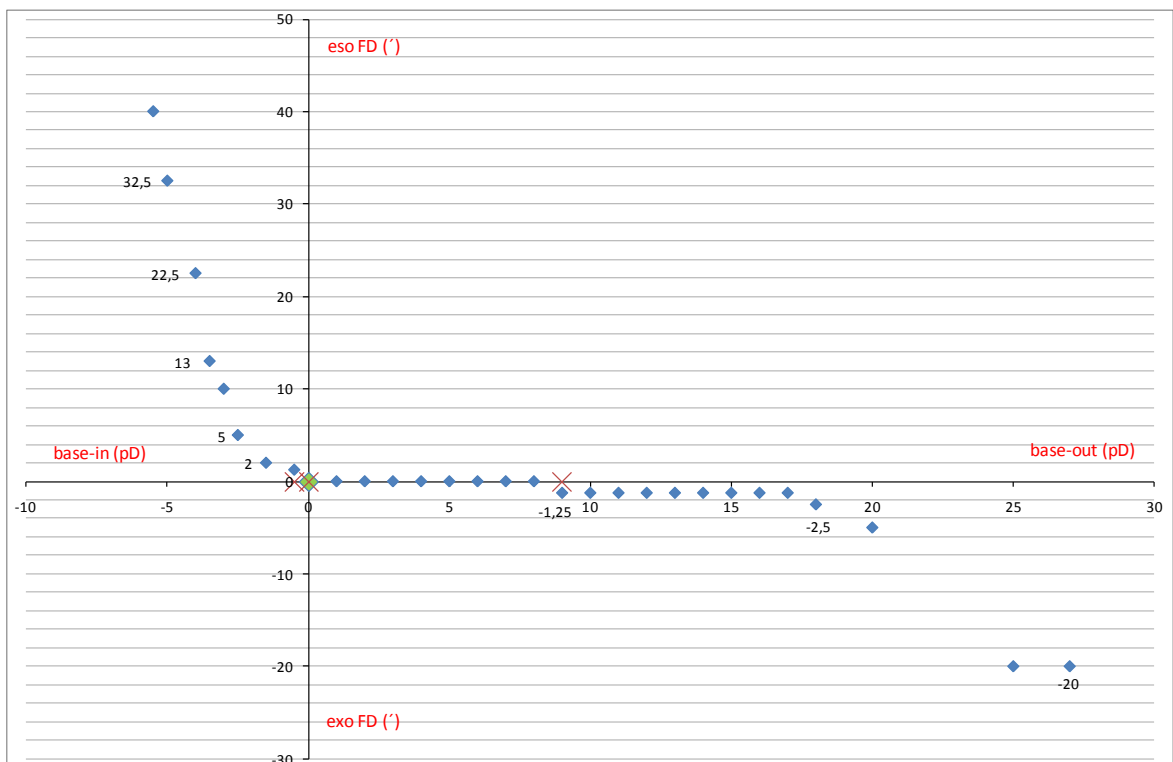


Subjekt 19: Křivka I. typu

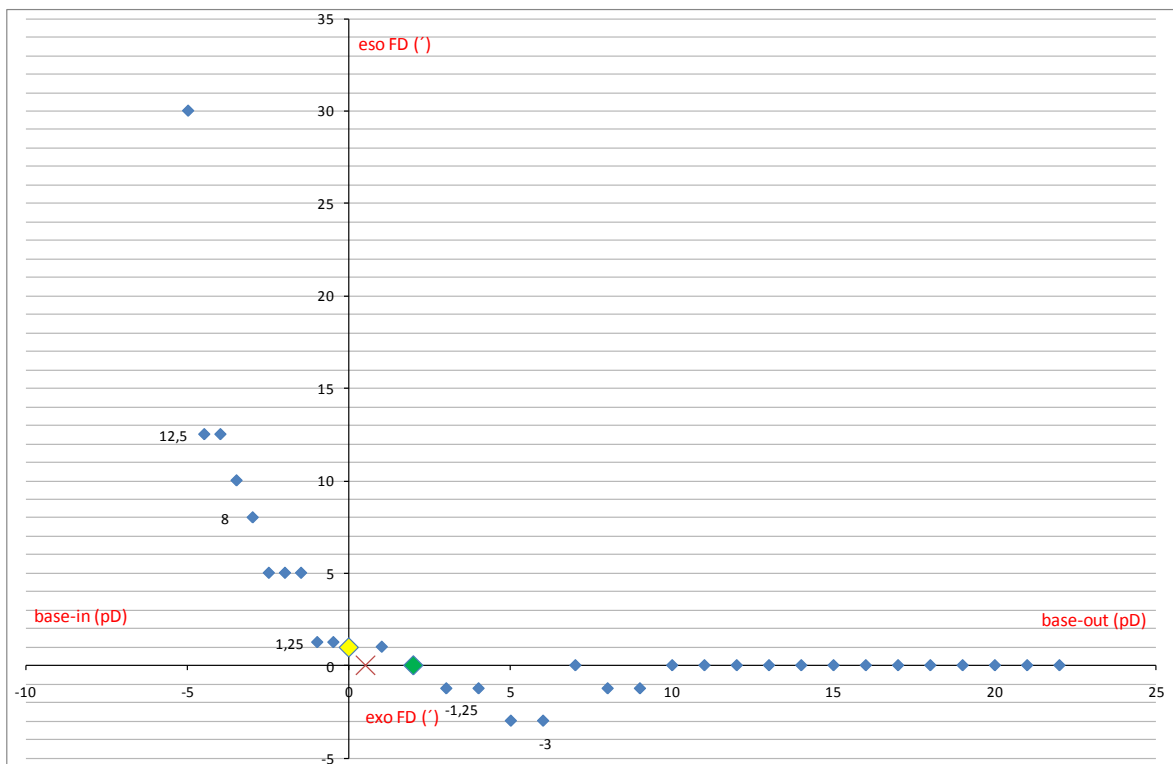


Rozsah Panumova areálu tohoto subjektu je abnormálně úzký (úhlový interval zachovaného binokulárního vidění je dán krajními hodnoty osy „y“). Tento jev je kompenzován velkou přesností vergenčního systému.

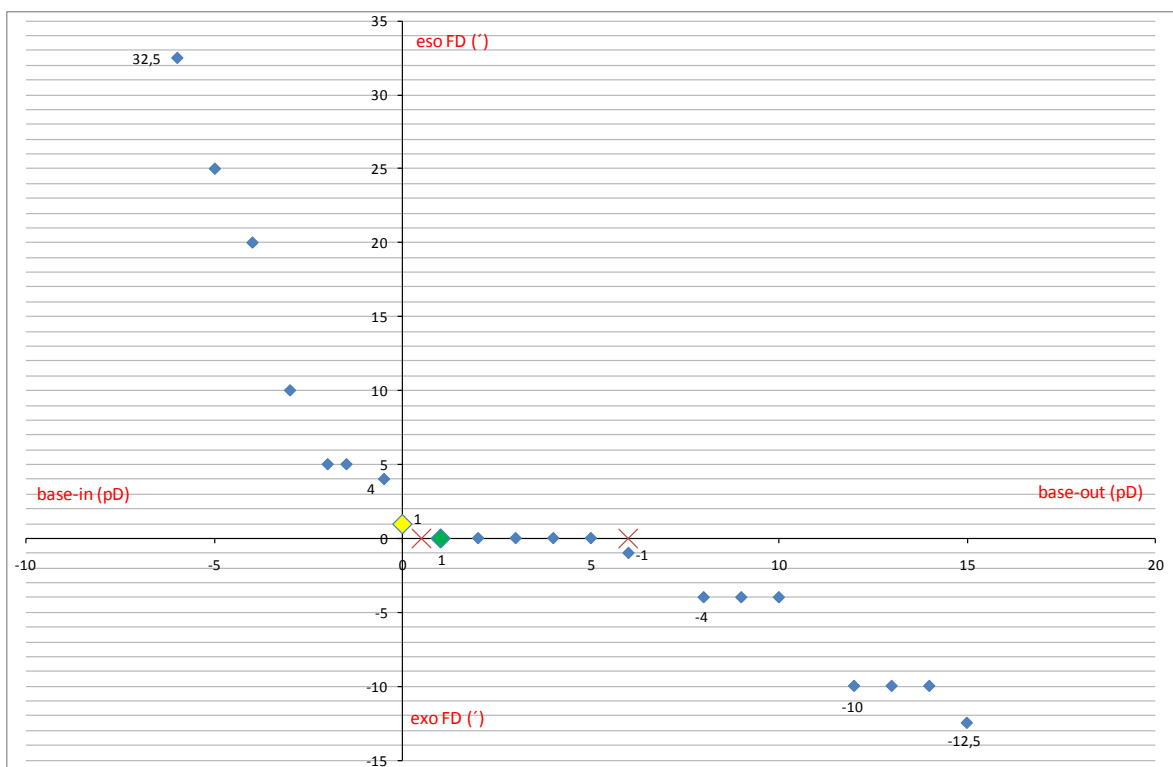
Subjekt 20: Křivka I. typu



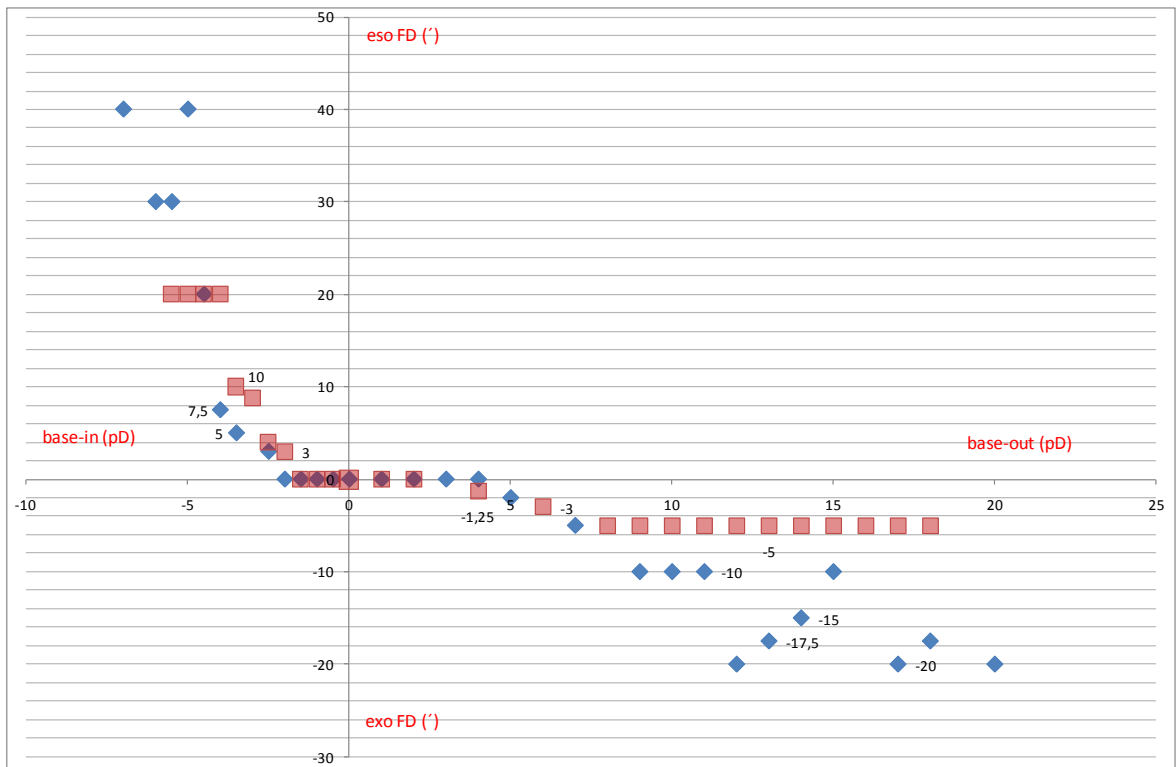
Subjekt 21: Křivka II. typu:



Subjekt 22: Křivka I. typu



Další příklad oslabené vergenční adaptace a mírně redukováných fúzních rezerv. Reálná prognóza symptomatických projevů v presbyopickém věku.



Rozdílné průběhy křivek jsou patrné pouze v periferních oblastech, jež vyvolávají zrakovému systému vysoký vergenční stres.