UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA OPTIKY

VLIV ZRAKOVÉHO TRÉNINKU NA VYBRANÉ BINOKULÁRNÍ FUNKCE

Diplomová práce

Vypracovala:
Bc. Markéta Halbrštátová
N-5345 Specializace ve zdravotnictví
Obor Optometrie
Studijní rok 2012/2013

Vedoucí diplomové práce:
RNDr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

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

V Olomouci 25. 4. 2013 ……..

Poděkování

Děkuji RNDr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, hodnotné rady a čas strávený při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat i všem, kteří se jako probandi podíleli na výzkumné části této práce, za jejich čas a ochotu spolupracovat. Diplomová práce byla podpořena z projektu PřF UP č. PrF_2012_014.

OBSAH

1 ÚVOD 6

2 HETEROFORIE 7

2.1 Dělení HTF 7

2.1.1 Směr odchylky 7

2.1.2 Schopnost kompenzace vergenčního systému 8

2.1.3 Fixační vzdálenost - blízko či dálka 8

2.2 Vyšetření HTF 8

2.3 Zhodnocení kompenzace a korekce HTF 11

3 FIXAČNÍ DISPARITA 14

3.1 Křivka fixační disparity 15

3.1.1 Parametry křivky fixační disparity 16

3.1.2 Měření křivky fixační disparity 20

3.2 Vztah mezi FD a HTF 22

4 ZRAKOVÝ TRÉNINK 23

4.1 Dělení ZT 23

4.2 Free space techniky 24

4.2.1 Fyziologická diplopie 24

4.2.2 Tři kočky 25

4.2.3 Stereogramy 26

4.3 Průběh ZT 27

5 VÝZKUMNÁ ČÁST 28

5.1 Cíle práce 28

5.2 Soubor a metodika 28

5.3 Výsledky 34

5.3.1 Wesson Card a Oxo 35

5.3.1.1 Wesson Card 35

5.3.1.2 Oxo 39

5.3.1.3 Wesson Card versus Oxo 43

5.3.2 Fúzní rezervy 45
5.3.2.1 Pozitivní a negativní fúzní rezervy – break point 45
5.3.2.2 Celkové změny PFR a NFR 48
5.3.3 Blízký bod konvergence 52
5.3.4 Subjektivní vnímání testu free space 54
5.4 Diskuze 56
6 ZÁVĚR 59
7 LITERATURA 61
OBRAZOVÁ DOKUMENTACE 63
SEZNAM ZKRATEK 64
SEZNAM PŘÍLOH 65
Příloha 1 – dotazník 66
Příloha 2 – výsledná data všech provedených měření 68

1 ÚVOD

Svět kolem nás je velmi uspěchaný. Nemáme na sebe čas, a proto mnohdy opomíjí drobné avšak mnohdy nepříjemné nedostatky týkající se našeho zraku. Začíná to únavou očí, jejich pálením a postupuje až do stádia, kdy se nám obraz dvojí či už není možné pokračovat v četbě či práci na počítači, protože to již zkrátka nejde. Co s tím? Neváhat a navštívit některého z očních specialistů (optometrista, oftalmolog), který zrak zhodnotí a pomůže, anebo se alespoň bude snažit, tyto vzniklé problémy odstranit či zmírnit.

Často se stává, že za těmito obtížemi jsou malé nepatrné odchylky ve zrakovém vergenčním či akomodačním systému. Jednou z nich je i heteroforie, tzv. skryté šilhání, která na první pohled není vidět a málokdo ví o tom, že právě heteroforií trpí. Při zjištění heteroforie je možné pomocí správně vybrané terapie zmírnit či úplně odstranit některé její projevy. Stejně tak i tzv. fixační disparita neboli malá odchylka očních os může stát za již popsanými problémy.

Při projevech obtíží se tyto nedostatky řeší prizmatickou korekcí či úpravou sférické korekce. Často se dnes ale používá i tzv. zrakový trénink. Ten má za úkol pomoci zlepšit či zcela odstranit negativní projevy skrytých okohybných odchylek na základě očního cvičení. Zrakový trénink vždy probíhá pod dozorem odborníka, který stanoví typ a délku zrakového tréninku na základě zjištěné anamnézy a dat z provedených měření. Pro správné vyhodnocení je důležité sledovat průběh ZT. Sledování se provádí na základě změn v kompenzaci heteroforie.

Cílem této práce je popsat skryté vergenční poruchy zrakového systému, které mohou stát za sníženým pohodlím. Dále zjistit zda může zrakový trénink ovlivnit vybrané funkce binokulárního vidění, přestože se k jeho aplikaci nepoužívají korekční pomůcky ani chirurgické zákroky. Jak zrakový systém reaguje na takové cvičení, je stěžejním bodem praktické části této diplomové práce, která se zabývá výzkumem s názvem Změny křivky fixační disparity, fúzních rezerv do blízka a blízkého bodu konvergence na základě zrakového tréninku.

2 HETEROFORIE

Latentní šilhání neboli heteroforie (HTF) patří mezi nestrabické binokulární poruchy. Jde o skrytou okohybnou odchylku, která se projeví až při zrušení fúze. Vzniká při svalové nerovnováze obou očí a může být vyvolána stresem, únavou či nadměrným užíváním alkoholu. Za normálních podmínek je HTF korigována pomocí fúzní vergence. Pokud tato korekce není dostatečná, vznikají obtíže, které ovlivňují binokulární vidění. [1]

2.1 Dělení HTF

Heteroforii lze v souladu s publikací [2] rozdělit dle: směru odchylky a schopnosti kompenzace vergenčního systému. Horizontální HTF lze dále rozdělit i podle vzdáleností, na kterou dotyčná osoba fixuje - dálka či blízko [3].

2.1.1 Směr odchylky

Oko může být uchýleno až do šesti směrů. V horizontálním směru se uchýlení vně nazývá exoforie a dovnitř esoforie. Ve vertikálním směru se uchýlení vzhůru označuje jako hyperforie a dolů hypoforie. Může dojít i ke stočení oka směrem ven,které se nazývá excykloforie, či dovnitř, jenž se nazývá incykloforie, viz tab. 1.

Tab. 1 Odchylky dle směru HTF

posun oka		**stočení oka**	
vně	*exoforie*	vně	*excykloforie*
dovnitř	*esoforie*	dovnitř	*incykloforie*
nahoru	*hyperforie*		
dolů	*hypoforie*		

2.1.2 Schopnost kompenzace vergenčního systému

Pokud je vergenční systém schopen sám překonat HTF, označuje se tato HTF jako kompenzovaná. V tomto případě je pacient bez symptomů, má stabilní binokulární vidění, odpovídající fúzní rezervy a obvykle u něho není naměřena fixační disparity. Dále vykazuje dobrou stereopsi, plynulý návrat po disociaci a suprese u něho není známa.

Dekompenzovaná HTF naopak nastává při neschopnosti vergenčního systému potlačit HTF. Tato forma působí potíže, vyskytuje se při ní fixační disparita a neodpovídající fúzní rezervy. Měření vykazuje slabou stereopsi, pomalý návrat po disociaci a může se vyskytnout i suprese. Mezi nejčastější symptomy patří: rozmazané vidění, diplopie, astenopie, potíže se změnou zaostřování (z dálky do blízka a naopak), zlepšení při monokulárním vidění či jíž zmíněná snížená stereopse.

2.1.3 Fixační vzdálenost - blízko či dálka

V odborné literatuře se setkáváme s rozdělením horizontální HTF dle vzdálenosti, na kterou převládá. Převážná exo odchylka do blízka je nazývána insuficience konvergence. Naopak větší exo odchylka do dálky se označuje jako exces divergence. Za incuficienci divergence je považována větší eso odchylka do dálky a větší eso odchylka do blízka je známá jako exces konvergence. Pokud je velikost HTF stejná či přibližně stejná do dálky i blízka, odchylka vně se označuje jako základní exoforie a dovnitř jako základní esoforie.

2.2 Vyšetření HTF

K vyšetření směru a velikosti odchylky se používají následující testy:

Zakrývací alternující test

Základní test, který odhalí směr odchylky a její velikost. Vyšetření se provádí pozorováním odkrývaného oka při střídavém zakrývání jednoho a druhého oka po dobu

2 – 3 sekund. Při pohybu odkrývaného oka vně, pacient vykazuje esoforii. Při opačném pohybu se jedná o exoforii. Pokud se oko pohybuje v jiném směru, vykazuje další možné odchylky HTF. Směr pohybu je vždy opačný ke směru odchylky.

Pokud se oko nepohybuje, nemusí to znamenat nulovou odchylku (ortoforii). Vždy je nutné ptát se pacienta, zda mu pozorovaný bod při vyšetření (do dálky i blízka) neskáče nějakým směrem. Pomocí tohoto subjektivního alternujícího zakrývacího testu je možné odhalit malé odchylky v rozsahu 1 – 3 pD. Tyto pohyby se nazývají „fi".

Při zaznamenání pohybu oka či nahlášení pohybu pozorované značky se provádí neutralizace prizmaty proti směru pohybu pro zjištění velikosti odchylky. Tento test nedokáže odhalit drobné odchylky. Pro detailnější určení velikosti HTF pokračujeme ve vyšetřování subjektivními testy jako Maddoxův cylindr, von Graefeho prizma či metodou MKH.
[1, 4]

Maddoxův cylindr

Toto vyšetření se provádí do dálky i do blízka na Maddoxově kříži určeném pro danou vzdálenost. Maddoxův cylindr vložený do vyšetřovací brýlové obruby způsobí vznik světelného proužku na Maddoxově kříži. Poloha na kříži poukazuje na hodnotu odchylky v pD. Pomocí tohoto vyšetření lze zjistit horizontální i vertikální odchylku, avšak při vyšetření do blízka je měření horizontální odchylky nevhodné z důvodu nedostatečné kontroly akomodace. Proto se při měření odchylky HTF do blízka používá spíše test von Graefeho prizma, který disponuje dobrou kontrolou akomodace, nebo kombinace Meddoxova cylindru s vhodným a dostatečně osvětleným testem do blízka (tzv. Thoringtonův test) obsahujícím akomodační stimuly. [1, 4]

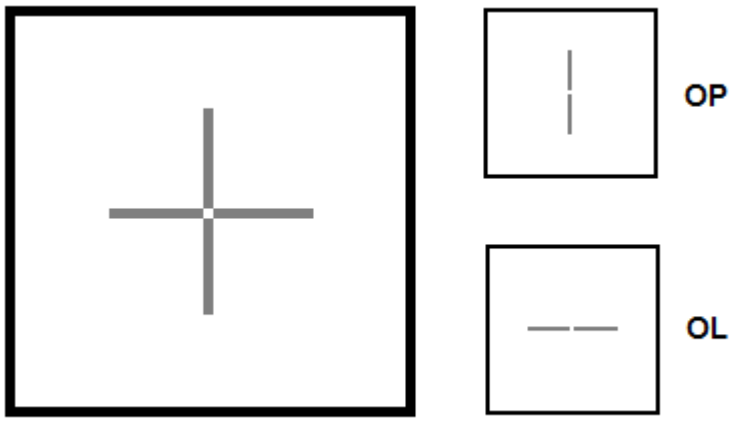
Von Graefeho prizma

K tomuto vyšetření se používá prizma, které nám rozdvojí obraz. Vzájemný posun obrazu je projevem heteroforie. Lze vyšetřovat horizontální i vertikální odchylky - horizontální odchylky za pomoci 6 – 8 pD BD před pravé oko a vertikální odchylky při předložení 12 – 15 pD BI. HTF kompenzujeme prizmaty, které vkládáme proti směru odchylky. Velikost prizmatu při zarovnání obrazů udává velikost HTF. [1,4]

Metoda MKH

K vyšetření HTF lze využít i metodu MKH, která určí potřebnou prizmatickou korekci dané odchylky. Tuto metodu vyvinul německý optik a optometrista Hans-Joachim Hasse v 50 letech 20. století. Vyšetření se provádí při oddělení vjemu očí polarizací. Za pomoci křížového testu můžeme odhalit horizontální i vertikální odchylky HTF. Křížový test (viz obr. 1) je bez centrálního fúzního podnětu a má pouze minimální periferní fúzní podnět (ohraničení). Další testy této metodiky se využívají ke korekci FD (viz kapitola *3 Fixační disparita*). [5, 6]

Obr. 1 Křížový test metody MKH; vlevo při vnímání oběma očima, vpravo rozdělené vnímání pro oko pravé (OP) a oko levé (OL)



Další parametry, které umí posoudit vergenční systém a pomohou tak v řešení jeho nedostatků jsou: blízký bod konvergence, velikost fúzních rezerv a vergenční schopnost.

Blízký bod konvergence

Vyšetření blízkého bodu konvergence (NPC) zjišťuje, na jakou nejmenší vzdálenost je možné konvergovat při zachování jednoduchého binokulárního vidění. Za normované hodnoty pro break point (bod rozdvojení) se považuje hodnota ≤ 7 cm. Pro recovery point (bod spojení) by hodnota neměla překročit 10 cm. Pokud je tato vzdálenost je větší, vzniká podezření na nedostatečnou konvergenci (exoforie do blízka). Všechny hodnoty jsou vždy měřeny od kořene nosu. [1, 4]

Fúzní rezervy

Významnost fúzních rezerv (FR) při existenci HTF je veliká. FR totiž kompenzují vzniklou HTF ve vergenčním systému. Pomocí prizmat lze navodit vergenci a tak změřit maximální možnou konvergenci (pozitivní FR = PFR), divergenci (negativní FR = NFR), supravergenci či infravergenci při akomodaci na daný bod za předpokladu jednoduchého binokulárního vidění. PFR (NFR) má význam při exoforii (esoforii), infravergence (supravergence) má význam při hyporforii (hypeforii). Horizontální fúzní rezervy zahrnují tři složky – blur point (bod rozmazání), break point (bod rozdvojení) a recovery point (bod spojení). Normované hodnoty pro tyto horizontální FR jsou zapsané v tabulce 2. U vertikálních FR naměříme break point a recovery point, u nichž normované hodnoty odpovídají 2 – 4 pD. [1, 4]

Tab. 2 Hodnoty horizontálních FR do blízka a do dálky (v pD)

		blízko	**dálka**
PFR	blur point	20 – 28	12 – 16
	break point	26 – 34	18 – 22
	recovery point	22 – 30	14 – 18
NFR	blur point	6 – 10	není
	break point	12 – 18	6 – 12
	recovery point	8 – 14	4 – 8

Vergenční snadnost

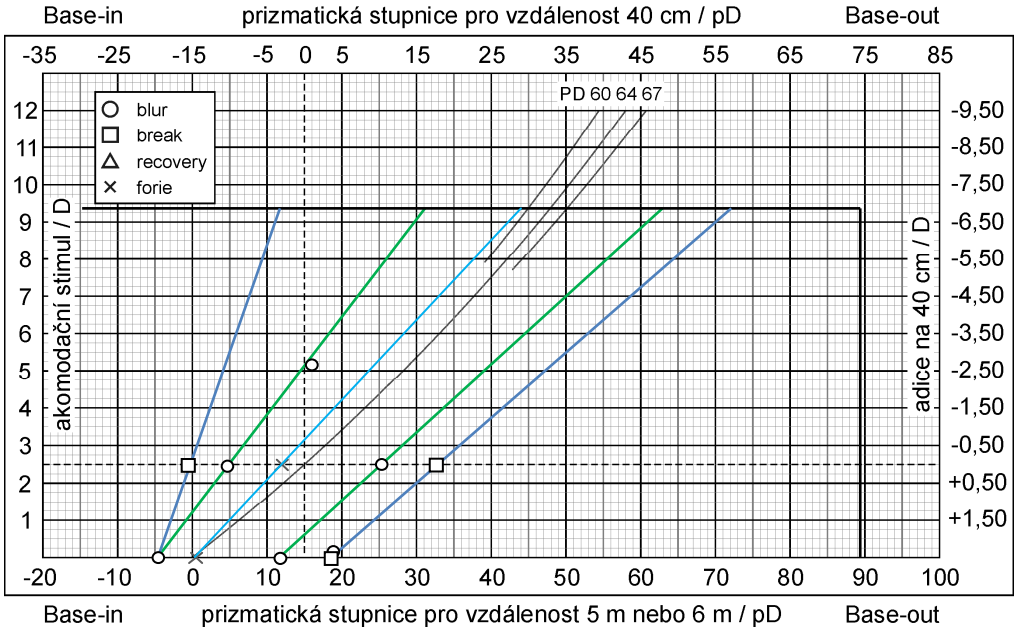
Jak je vergenční systém schopný rychle, pružně a přesně reagovat na změny vergenčního požadavku odhalí vyšetření vergenční snadnosti (VF). Pomocí střídavého předkládání prizmat hodnoty 12 pD BO a 3 pd BI, popř. 10 BO a 10 BI se počítá počet cyklů výměny těchto prizmat za minutu (cpm). Jeden cyklus je roven předsazení obou hodnot BO a BI. Za normální hodnotu se považuje VF ≥ 12 cpm. Při naměření hodnoty VF < 9 cpm, se jedná o abnormální stav. [4]

2.3 Zhodnocení kompenzace a korekce HTF

Pro zhodnocení kompenzace HTF lze využít několik přístupů. Klasickým přístupen je grafická analýza. Tzv. A-V diagram (viz obr. 2) je graf znázorňující vztah

mezi vergencí a akomodací, který dokáže popsat a stanovit zónu jednoduchého binokulárního vidění (JBV) a zónu ostrého JBV (ZOJBV). Dle typu vygenerovaného grafu lze také odhalit vergenční poruchy. Jeho nevýhodou je zejména časová náročnost některých typů vyšetření, které jsou k analýze potřebné (např. RA, FR do dálky i blízka či blízký bod akomodace), a ne vždy optimálně zvolená prizmatická korekce, stanovena na základě kritérií. Dalším typem grafické analýzy je křivka fixační disparity, která kromě informace o kompenzaci HTF přináší i zjištění týkající se např. rozsah fúze, velikosti FD či velikosti AF. Podrobněji o křivce fixační disparity pojednává kapitola *3 Fixační disparita*. [3, 7]

Obr. 2 A-V diagram – příklad grafické analýzy



Druhým možným přístupem jsou právě zmiňovaná kritéria – Sheardovo a Percivalovo. Sheardovo kritérium je charakterizováno vzorcem: FR ≥ 2HTF. Velikost FR odpovídá hodnotě blur point (PFR při exoforii, NFR při esoforii). Prizmatická korekce se stanoví jako 2/3 HTF – 1/3 FR (PFR při exoforii, NFR při esoforii). Takto stanovená korkece vyhovuje nejlépe při exoforii. Percivalovo kritérium charakterizuje vztah mezi FR, kdy menší FR > 1/2 větší FR. Hodnoty FR jsou opět brány pro blur point. Prizmatická korekce se určí jako 1/3 větší FR – 2/3 menší FR a nejlépe vyhovuje pro esoforii do blízka. [1, 2, 3]

Zhodnocení kompenzace HTF analýzou FD a AF je ze strany FD bráno dle dvou typů modelů – stresového a chybového, které jsou popsány v kapitole *3.2 Vztah mezi*

FD a HTF. AF je dle Malletova kriteria považována za indikaci dekompenzované HTF, pokud AF ≥ 1 pD u pacienta pod 40 let a AF ≥ 2 pD u pacienta nad 40 let. Na dekompenzovanou HTF též poukazuje i podobná hodnota HTF a AF. [2]

Při zjištění dekompenzované HTF, lze dle publikace [2, 4] při jejím řešení postupovat několika způsoby:

Korekce refrakční vady – vždy je nejdůležitější nejprve korigovat jakoukoli refrakční vadu, protože i malá vada může být tvůrcem potíží

Prizmatická korekce – použití báze proti odchylce při nulové prizmatické adaptaci; v případě horizontálních odchylek se nejčastěji postupuje po 1 pD, u vertikálních odchylek po 0,5 pD

Úprava sférické korekce – u esoforie přidáním „+“ korekce a exoforie „-“ korekce; rozptylky se využívají pouze dočasně a ve většině případů jen u dětí

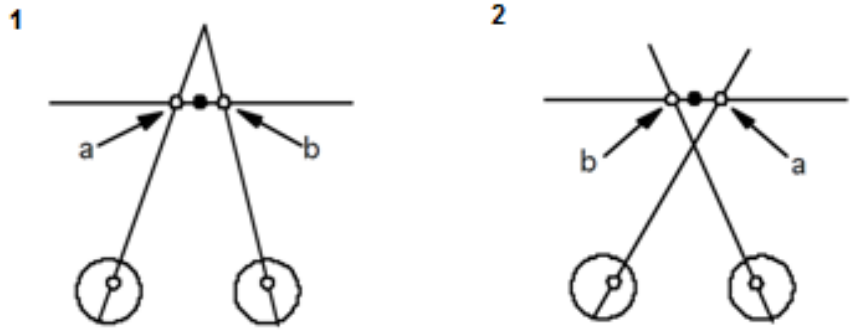
Zrakový trénink – zejména ke korekci exoforie, popř. esoforie, kdy však ZT není tolik účinný. Podrobněji o ZT pojednává kapitola *4 Zrakový trénink*.

3 FIXAČNÍ DISPARITA

Fixační disparita (FD) je malá odchylka od osy vidění – obvykle do 5´. O FD mluvíme, pokud při fixaci oběma očima nedochází k zobrazení pozorovaného obrazu na odpovídající místa, avšak jejich poloha se stále nachází v Panumově areálu. Tento stav se označuje jako porucha bifoveolární fixace. Fúze je udržována perifoveolárními a periferními okrsky Panumova prostoru. Mnoho lidí často vůbec neví, že FD má, protože ne pokaždé se tato malá odchylka musí projevovat. Výklad fixační disparity je možné dělit dle dvou teorií, o kterých více pojednává kapitola *3.2 Vztah mezi FD a HTF*.

Na obr. 3 je znázorněna poloha pohledových os vůči fixačnímu bodu při horizontální fixační disparitě. Při exo FD (1) se bod **a** (pohledová osa OL) nachází vlevo a bod **b** (pohledová osa OP) vpravo od fixačního bodu. Naopak při eso FD (2) bod **a** dopadá vpravo a bod **b** vlevo od fixačního bodu. V obou případech je binokulárně vnímaný směr přímo vpřed, ale okulocentrický směr je pro každé oko jiný.
[3, 8]

Obr. 3 Poloha pohledových os při exo FD (1) a eso FD (2)

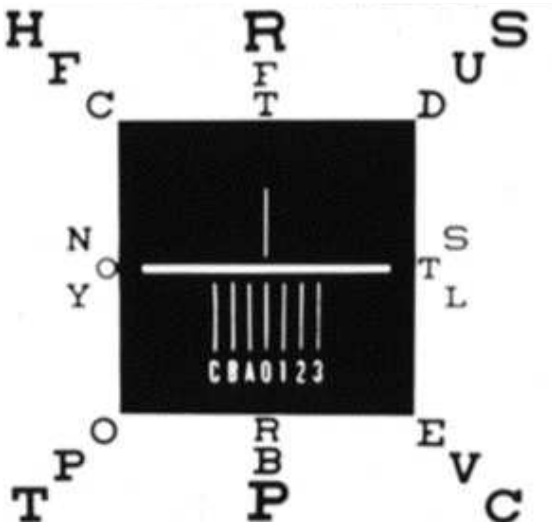


Naměřené hodnoty FD poskytují informace o funkčnosti vergenčním systému a využívají se k diagnostice a léčbě problémů okulomotorického systému. Hlavní výhodou analýzy FD je, že probíhá za binokulárních podmínek, a je tedy přirozenější. Existuje i ten názor, že data spojená s FD mohou nejúčinněji pomoci při stanovení prizmatické korekce při binokulárních poruchách.

K získání skutečné hodnoty FD se využívá testů jako např. Woolf Card (obr. 4), Wesson Card, Sheedy Disparometr či testů metody MKH (např. ručičkový či hákový).

Test Wesson Card použitý při výzkumu v této práci je blíže popsán v kapitole *5 Výzkumná část*. FD by neměla být zaměňována s binokulární disparitou (odchylkou). FD je odchylka od vizuální osy a binokulární disparita je nekorespondence sítnicových oblastí, které jsou stimulované bodem nacházejícím se mimo horopter.
[1, 8]

Obr. 4 Woolf Card – test pro vyšetření FD



Publikace [2, 9] uvádí, že naměřenou FD lze korigovat za pomocí prizmatické hodnoty (minimální hodnota prizma pro zarovnání obrazu, tzv. asociační forie), adice (zejména u eso FD - kladná) či zrakového tréninku. V praxi se tyto možnosti mohou i kombinovat. Korekci fixační disparity využíváme obvykle v případě, že je důsledkem dekompenzované HTF, více viz kapitola *3.2 Vztah mezi FD a HTF*.

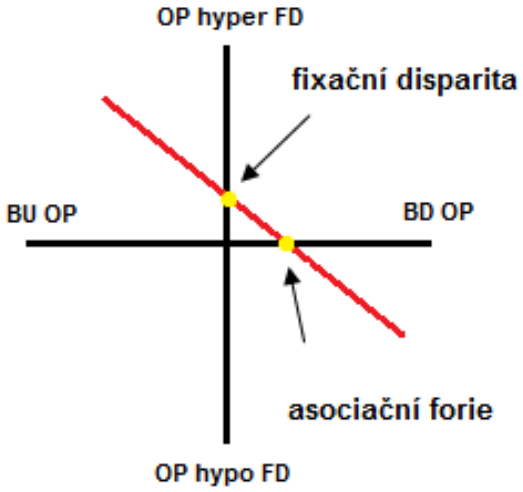
3.1 Křivka fixační disparity

Vytvořením křivky fixační disparity získáme mnoho užitečných informací, které nám usnadní posuzování stavu binokulárního systému. Křivka FD graficky poukazuje na změnu FD dle různých předřazených hodnot prizmatické dioptrie BI a BO (popř. BD a BU) či sférické čočky. Pomocí této křivky lze řešit binokulární potíže, jako jsou například diplopie, rychlá únava očí při práci do blízka či rozmazané vidění při čtení. [3, 7]

Tato práce, zejména její výzkumná část, je zaměřena na horizontální FD, avšak několik málo informací o vertikální FD je zde také popsáno. Vliv sférických čoček na změnu FD není v této práci popsán vůbec. O této možnosti řešení binokulárních problémů se lze dočíst v odborné literatuře, např. [3].

Vertikální odchylky nejsou tak běžné jako horizontální a mají obvykle menší rozsah. V některých ohledech je vertikální vergenční mechanizmus jednodušší než horizontální. Tyto faktory zlehčují měření vertikální FD. Přestože jsou malé, mohou vertikální odchylky způsobit více problémů, protože oči mají větší potíže s fúzováním vertikálních odchylek než horizontálních. Navíc může přítomnost vertikální odchylky přispět k přítomnosti horizontální odchylky. Stejně jako horizontální odchylky, tak i vertikální mohou být vykresleny do grafu jako funkce vynucené vertikální vergence za použití BU a BD prizma (obr. 5). [7, 8]

Obr. 5 Vertikální křivka fixační disparity



3.1.1 Parametry křivky fixační disparity

Při analýze křivky fixační disparity je zvláštní pozornost věnována následujícím prvkům: fixační disparitě, asociační forii, sklonu křivky, typu křivky a středu symetrie. Uvedené parametry jsou zaměřené na horizontální křivku FD, protože výzkum se v této diplomové práci vertikální křivce FD nevěnuje.

Fixační disparita

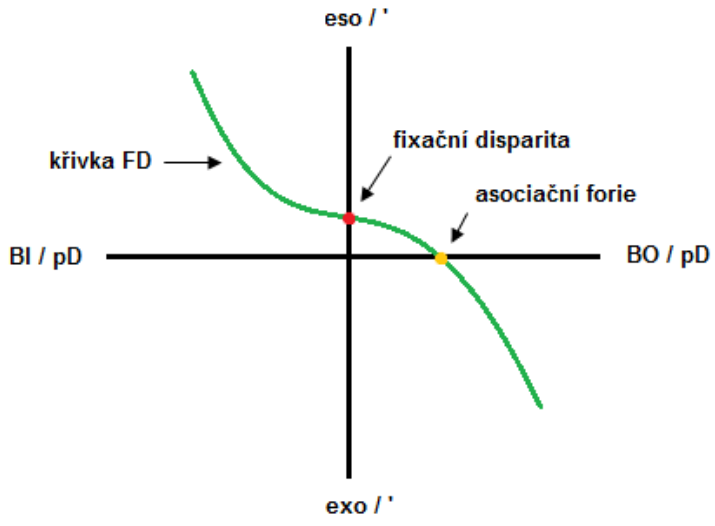
Na křivce FD jsou její hodnoty vyneseny na ose y v úhlových minutách (viz obr. 6). [3] Více informací o tomto parametru bylo již popsáno výše v úvodní části kapitoly *3 Fixační disparita.*

Asociační forie

Asociační forie je minimální hodnota prizma, které zarovnává fixační disparitu na nulu. U pacientů s exoforií je hodnota AF výrazně menší než hodnota FD. Naopak u pacientů s esoforií hodnota AF často převyšuje hodnotu FD. Hodnota AF se při měření křivky FD vynáší na osu x v prizmatických dioptriích (viz obrázek 6). Osu x protíná osa y v 0. Na levé straně od osy y se nachází hodnoty pD BI a na pravé straně pD BO.

AF do dálky lze stanovit pomocí tesů: Mallett Unit, American Optical (AO) Vectographic Chart nebo Bernell Lantern Test. K zarovnání jakýchkoli odchylek se využívá naměřené prizma. Stejně tak se postupuje při měření AF do blízka. K tomu používáme testy: AO Vectographic Chart do blízka, Woolf Card, Borish Card, Mallet Unit do blízka anebo Wesson Card. Zjištěná hodnota AF dle těchto testů je vhodná pouze ke korekci vertikálních AF. Pro korekci horizontálních odchylek je zapotřebí využít i dalších parametrů křivky FD jako jsou sklon křivky, typ křivky a hodnota FD. Využití u horizontálních odchylek není vhodné z toho důvodu, že by u esoforiků mohlo snadno dojít k překorigování.
[3, 8]

Obr. 6 Horizontální křivka FD



Sklon křivky

Sklon větší než 1 úhlová minuta na pD (´/pD) může být spojena s vizuálními problémy. Naštěstí pacient se strmou křivkou FD často velmi dobře reaguje na zrakový trénink. Pokud však nedochází k oploštění křivky pomocí ZT, lze pacienta považovat za rezistentního vůči ZT, tedy vůči rozvoji vergenční adaptace. U těchto pacientů se poté přistupuje ke korekci FD pomocí korekčního prizma na základě zjištěné hodnoty AF. Plošší sklon křivky udává prizmatickou adaptaci a odborná literatura [8] poukazuje na to, že vergenční adaptace je dobrým znamením zdravého binokulárního systému.

Sklon křivky FD se dělí na a) centrální sklon a b) sklon mezi FD a AF. Centrální sklon lze vypočítat na základě výpočtu změny FD mezi prizmaty BO a BI o stejné hodnotě (většinou s hodnotami 3 pD). Lze využít následující vzorec: centrální sklon křivky FD = FD1 – FD2 / BO+BI. Sklon mezi FD a AF se vypočítá jako poměr mezi těmito body.
[3, 7, 8]

Střed symetrie

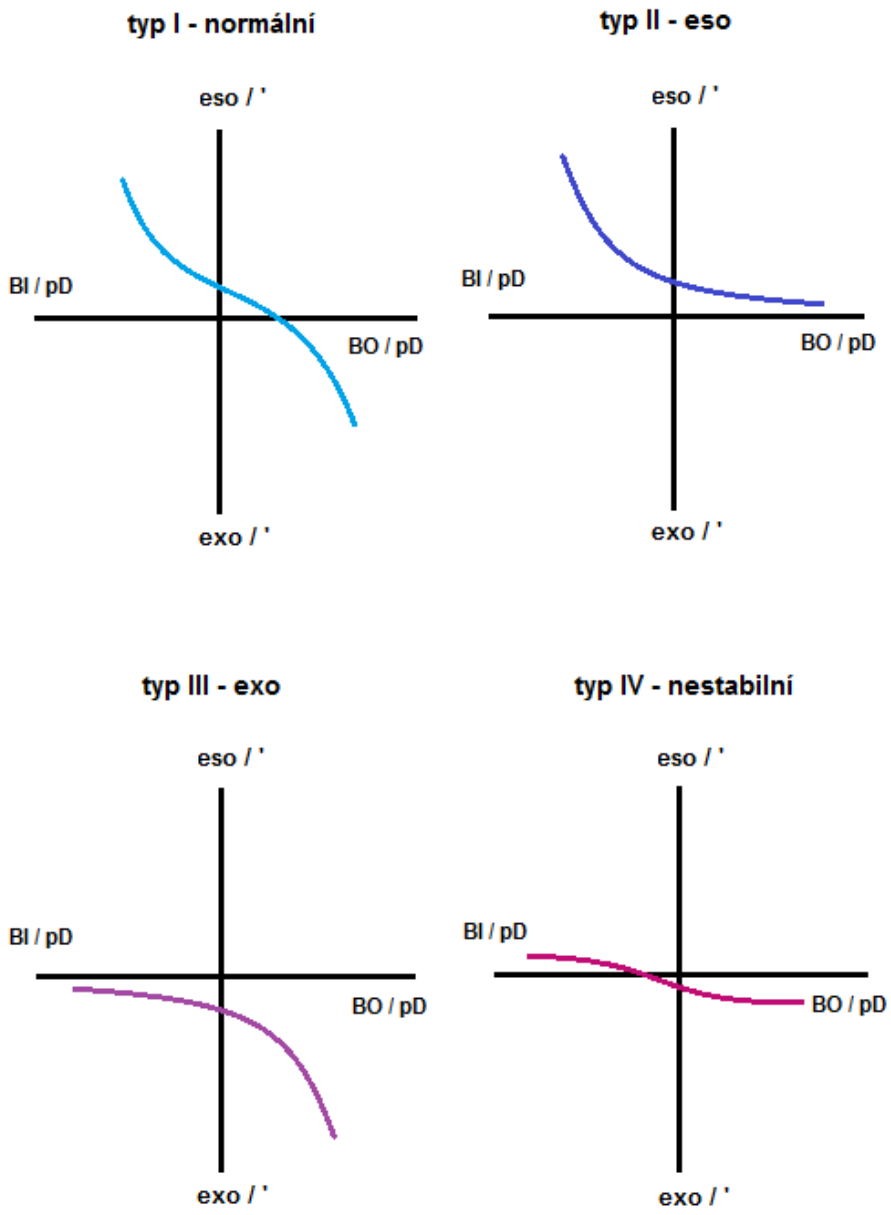
Centrální oblast nejplošší části křivky se nazývá střed symetrie. Tato oblast je charakterizována největší schopností adaptace. [7]

Typy křivky FD

Křivka fixační disparity se dělí na čtyři základní typy (viz obr. 7). Křivka typu I je nejběžnější (až u 60 % populace) a je považována za normální odpověď vergenčního systému na stimul. Ostatní typy mohou indikovat určité stupně binokulární dysfunkce systému. Křivka typu II je obvykle zjištěna u pacientů s esoforií (25 % populace). V tomto případě křivka v prvním kvadrantu od určité hodnoty pD BI rapidně stoupá (zvyšuje hodnotu FD), zatímco ve druhém kvadrantu zůstává téměř konstantní, popř. se pomalu přibližuje k ose x. V případě křivky typu III, která je charakteristická pro exoforii (10 % populace), je tomu naopak. Ve třetím kvadrantu je hodnota FD téměř konstantní, k náhlé změně zakřivení dochází ve čtvrtém kvadrantu při předsazení určité hodnoty pD BO. Křivka typu IV je nazvána jako nestabilní (5 % populace) a bývá spojován s binokulární dysfunkcí jako je např. aniseikonie. Tento typ charakterizuje malá FD. Jak roste BO prizma, roste i exo FD, avšak velmi pomalu a jen do stavu než zůstane konstantní. Stejně tomu je i s eso FD při předsazení pD BI.

Působením zrakového tréninku lze křivku typu III a IV změnit na typ I. Typ II je vůči zrakovému tréninku více odolný. Vlivem zrakového tréninku na křivku fixační disparity se zabývá výzkum této práce (kapitola *5 Výzkumná část*). Dále je možné tvar křivky změnit pomocí prizmatické nebo sférické korekce. Bližší informace lze nalézt v odborné literatuře např. [7, 8].
[1, 7, 8]

Obr. 7 Typy křivky fixační disparity



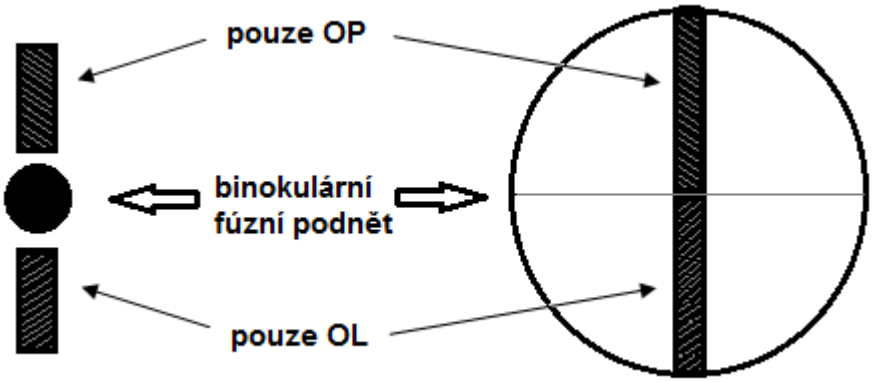
3.1.2 Měření křivky fixační disparity

Měření křivky FD se využívá k ověření horizontálních i vertikálních forií a je velmi užitečné. Poskytuje informace o tom, jak funguje vergenční systém a může pomoci v diagnostice a léčbě klinických binokulárních problémů. Vygenerováním křivky FD lze získat např. hodnoty FD či AF. Testů do dálky a do blízka, pomocí kterých můžeme křivku vygenerovat, je mnoho. Lze je rozdělit do několika kategorií, dvěma z nich jsou a) testy s centrálním fúzním podnětem a bez centrálního fúzního podnětu a b) k měření horizontální FD a vertikální FD.

Většina klinických testů pro měření křivky FD je založena na základě polarizace. Jediná část testu označovaná jako fúzní podnět je nepolarizovaná a viděna oběma očima. Polarizovaná část je rozdělena na dvě, kdy první polovina (většinou horní část) je viděná pravým okem a druhá polovina s opačnou polarizací (většinou dolní část) je pozorována okem levým.

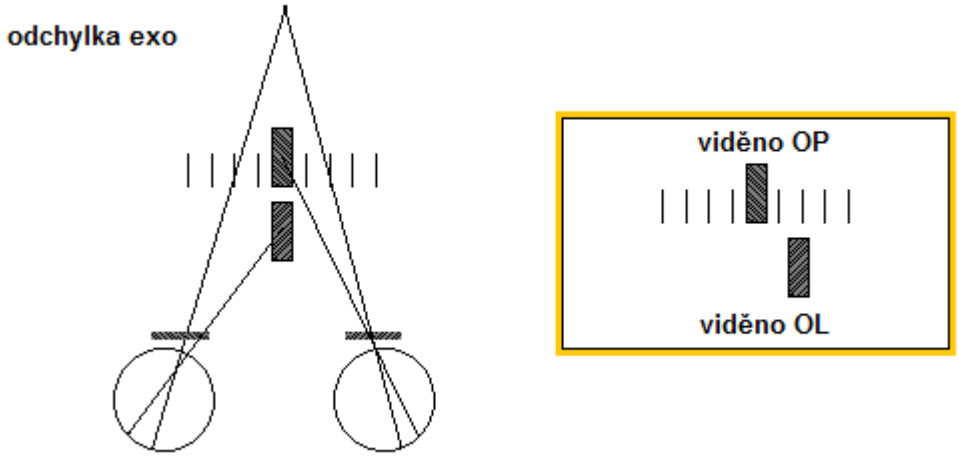
Měření křivky FD může velmi záležet na velikosti fúzního podnětu. Klinickým standardem je použít 1,5° fúzní podnět. Jde o velikost centrálního fúzního podnětu používaného u testu na 40 cm. Tento podnět tvaru kola má průměr přibližně 1 cm. Mnoho z testů FD nemá malý centrální fúzní bod, jak je znázorněno na obr. 8 vlevo, ale jako fúzní podnět se používá ohraničení, viz obr. 8 vpravo.
[1, 3, 8]

Obr. 8 Dva typy testů pro měření horizontální fixační disparity – vlevo v s fúzním podnětem uprostřed testu, vpravo s fúzním podnětem okolo testu



Při měření FD se řádky zdají posunuté na obě strany. Směr, kam se linie zdají být odkloněny, indikuje, zda má pacient eso nebo exo FD. V případě testu Wesson Card, který byl použit i při výzkumu (viz kapitola *5 Výzkumná část*), člověk s exo FD uvidí horní linii (viděnou pravým okem) vlevo a dolní linii (viděnou levým okem) vpravo (viz obr. 9). [8]

Obr. 9 Exo FD – postavení očí (vlevo) a vjem vyšetřovaného (vpravo)



Dle publikace [8] nelze k měření vertikálních FD test jako Wesson Card nebo Sheedy Disparometr použít. K tomuto účelu se využívá např. test, který se podobá tomu na obrázku 10 níže – vektografický test (angl. vectograph projector slide). Levá část znázorňuje, které oko vidí jakou část při použití červeno-zeleného filtru. Prostřední část ukazuje, co pacient vidí, pokud má nulovou FD. Vpravo je znázorněn skutečný viděný obraz pacientem. Jak postupovat při vyšetření horizontální FD je podrobně popsáno v kapitole *5 Výzkumná část.* Popis testu pro zjištění vertikální křivky FD se v této práci nenachází, protože nebyl k výzkumu použit.

Obr. 10 Podoba vektografického testu ke zjištění vertikální FD

Při vyšetření FD je zapotřebí pamatovat na prizmatickou adaptaci, která se projevuje u mnoha pacientů. Z toho důvodu, by se při měření křivky FD nemělo nechávat prizma před očima příliš dlouho. Doporučená doba je maximálně 15 s. Důležité je také střídání bází prizmat.

3.2 Vztah mezi FD a HTF

Možnou existenci vztahu mezi FD a HTF popsali již v roce 1928 Ames a Gliddon. Avšak výjimky byly pozorovány u exoforie a esoforie, kdy nebyla vždy FD zaznamenána. Později Jampolski a kolektiv zjistili, že zatímco směr a velikost eso FD se shoduje se směrem a velikostí esoforie, u exo FD a exoforie tento vztah neplatí. Studie z roku 1978 provedena Palmerem a von Nordenem poprvé poukazuje na to, že FD není nutně způsobena HTF stejně jako že HTF není nutně udržována FD.

Existují dvě teorie popisující fixační disparitu. První teorie vytvořena dle Oegla, tzv. stresový model, praví, že FD vzniká působením stresu na vergenční systém – je příznakem dekompenzované HTF. Čím vyšší je stres, tím vyšší je odchylka. Pokud by tedy byl stres nulový, nevznikla by FD a HTF by byla kompenzovaná. Druhá teorie, tzv. chybový model, zavedená Schorem staví na tom, že FD je chyba rovnovážného stavu vergenčního systému. Dle této teorie je FD normální fyziologický stav a není ho zpravidla nutné kompenzovat. V praxi se oba modely často kombinují.
[10, 11]

4 ZRAKOVÝ TRÉNINK

Zrakový trénink (ZT), známý také jako zraková terapie, není pouhé „cvičení očí“. Zahrnuje mnoho technik zaměřených na vzájemnou spolupráci očí a mozku. Může být použit k nápravě a posílení vjemových poruch a binokulárního, okohybného a vizuálního zpracování obrazu. Nejúspěšněji je zrakový trénink prováděn pod dohledem zkušených odborníků, kteří jsou schopni sestavit plán tréninku dle získané anamnézy.

Poznatky získané z programu zrakového tréninku přinesly zjištění, že po absolvování ZT došlo k následujícím změnám: snížení či úplné odstranění astenopických potíží při práci do blízka, snížení citlivosti na světlo, lepší koncentraci, rychlejšímu pochopení textu při čtení, prodloužení doby práce do blízka, zlepšení hloubkového vnímání a mnoha dalším.

Jednou z výhod ZT je také možnost začít se zrakovým tréninkem kdykoli během života. Přestože se jako optimální věk pro ZT udává v rozmezí od 12 do 35 let, je známo, že ZT pomáhá mladším dětem i starším dospělým.
[7, 12, 13]

4.1 Dělení ZT

Dle publikace [14] lze zrakový trénink rozdělit do tří kategorií – posílení fúzních rezerv a relativní akomodace, vzájemný vztah mezi vergencí a akomodací a odstranění centrální suprese.

Posílení fúzních rezerv a relativní akomodace

Jak je zmíněno v publikaci [15], hlavním cílem tohoto typu tréninku je rozvíjet FR a současně zachovat akomodaci či posílit akomodaci a zároveň zachovat vergenci. Do této kategorie zrakového tréninku patří čtyři typy testů, kterými jsou: free space techniky, polarizované a anaglyfické testy, haploskopická zařízení a terapie vergenčních a akomodačních schopností [14].

Vzájemný vztah mezi vergencí a akomodací

Tento typ zrakového tréninku se využívá při nedostatečné konvergenci či oslabené amplitudě akomodace. Dochází ke cvičení jak akomodace, tak i konvergence. Mezi často používané testy patří např. fyziologická diplopie či brock string. [4, 14]

Odstranění centrální suprese

Malá centrální suprese je obvykle přítomna při HTF. K jejímu odstranění lze využít zrakového tréninku, který využívá testů jako např. fúze stereopárů či Č-Z filtr a prizma. Daná suprese však může spontánně zmizet i při cvičení dvou výše zmíněných metod, kdy dojde k odstranění příčiny suprese. [4]

Ve výzkumné části této práce je využit test ZT typu free space, který je zahrnut v první kategorii *posílení fúzních rezerv a relativní akomodace*. Nadále tedy nebudou rozváděny jiné testy využívané pro ZT a budou podrobněji zmíněny pouze testy typu *free space.* Více informací lze nalézt v odborné literatuře, např. [14, 15].

4.2 Free space techniky

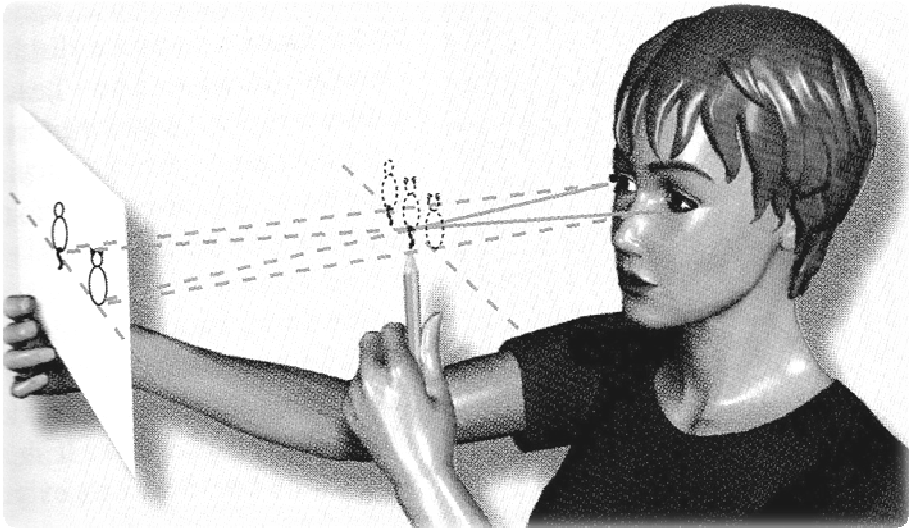
Principem free space techniky je fúze páru (stereopáru) při absenci jakéhokoli přístroje (stereoskopu). Název tato technika ZT získala díky prostředí, ve kterém je prováděna. Vyšetřovaný má kolem sebe mnoho volného prostoru, není omezován přístroji a pomůcky používané ke ZT jsou velmi jednoduché. Mezi free space techniky se řadí testy: fyziologická diplopie, tři kočky a stereogramy. [3, 14]

4.2.1 Fyziologická diplopie

Před začátkem každé free pace techniky je důležité naučit se správně provádět test fyziologické diplopie, která je základem i dalších cvičení této kategorie, popř. tréninku suprese. Trénující před sebe umístí dva za sebou vzájemně posunuté fixační předměty (hrot tužky, vlastní prst atp.). Zadní fixační předmět je umístěn do vzdálenosti cca 40 cm před oči, přední fixační předmět se nachází přibližně v polovině této

vzdálenosti. Fyziologická diplopie se dělí na zkříženou a nezkříženou. Při zkřížené fyziologické diplopii oči fixují (konvergují) na vzdálenější předmět (viděn jednoduše a ostře), přední předmět je pozorován dvojitě. Naopak při nezkřížené fyziologické diplopii (viz obr. 11) oči konvergují na bližší předmět (viděn ostře a jednoduše), kdy se vzdálenější předmět jeví jako dvojitý. Úkolem pacienta je střídat fixaci mezi vzdálenějším a bližším předmětem. Po zvládnutí správné interpretace fyziologické diplopie je možné přesunout se na další typ free space tréninku. Pokud je střídání vzdáleností pro pacienta obtížné, doporučuje se toto cvičení využít jako samostatný ZT. [7, 14]

Obr. 11 Nezkřížená fyziologická diplopie – průběh zrakového tréninku testu typu free space



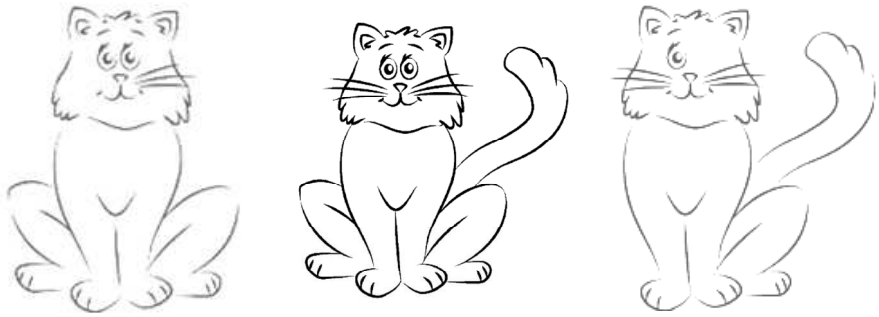
4.2.2 Tři kočky

Test tři kočky vychází z fyziologické diplopie a řadí se mezi nejjednodušší v tomto směru. Základem jsou dva obrazy nakreslené na kartě formátu A5 ve vzdálenosti 30 – 40 cm před očima. Úkolem pacienta je spojit tyto obrazy v jeden ucelený obraz, vidět ho ostře a jednoduše. Tento test se používá pro ZT při exoforii a esoforii, avšak lidé s esoforií poukazují na větší potíže při ZT a výsledky se mnohdy od počátečních hodnot liší jen nepatrně.

Trénink exoforie je založen na nezkřížené fyziologické diplopii. Pacient fixuje předmět v poloviční vzdálenosti karty, který musí vždy vidět ostře a jednoduše. Posunem tohoto předmětu se snaží konvergovat tak, aby došlo ke spojení neúplných obrazů v jeden celek. Vytvořený obraz by měl být viděn jednoduše, ostře a menší než okolní neúplné obrazy (viz obr. 12). Při ZT exoforie pacient akomoduje na větší vzdálenost, než konverguje a tím procvičuje negativní relativní akomodaci (NRA). Stejným způsobem se provádí ZT při esoforii, avšak fixační předmět se nachází za kartou a ta je průhledná. Vzniklý obraz je větší než neúplné obrazy okolo něho. Při tomto ZT je akomodace menší než konvergence, což vede k nácviku pozitivní relativní akomodace (PRA). Jakmile pacient zvládne předchozí úkony, snaží se vytvořený obraz udržet co nejdéle v jeho požadovaném stavu (tři obrazy – postranní neúplné a prostřední úplný a ostrý). Dobrou kontrolou pro správný nácvik při exoforii (esoforii) je konvergentní (divergentní) postavení očí při ZT. K tomu je ale zapotřebí další osoby, která tyto oční pohyby sleduje.

Test tři kočky lze obměnit přidáním dalších obrazů, které se postupně od sebe vzdalují, tedy více namáhají vergenční zrakový systém. Tento typ testu byl využit i při výzkumu, který je součástí této diplomové práce.
[7, 14]

Obr. 12 Vjem při ZT exoforie u testu tři kočky

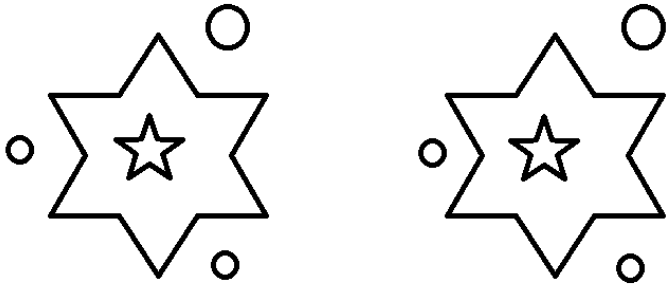


4.2.3 Stereogramy

Stereogramy se podobají testu tři kočky, pouze pár pro fúzi je nahrazen stereopárem. Ten má za následek vytvoření trojrozměrného obrazu. Pokyny pro postup tréninku se nijak neliší od testu tři kočky. 3D vjem může zvýšit motivaci ke ZT.

Správnost provádění ZT lze zkontrolovat stejně jako u testu tři kočky postavením očí, popř. dotazem na velikost vzniklého úplného 3D obrazu vůči stereopáru. Pro pokročilejší ZT se stereopáry od sebe vzdalují či je možné využít tzv. random dot stereogramy. [7, 14]

Obr. 13 Stereogram



4.3 Průběh ZT

Zrakový trénink by měl být vždy prováděn pod dohledem odborníka (optometristy, ortoptika, popř. oftalmologa), který dle zjištěných dat určí jeho složení a průběh. Zrakový trénink probíhá po dobu až několika týdnů v závislosti na typu. Efekt ZT je též závislí na jeho složení. U techniky free space se efekt dostaví během 3 – 4 týdnů od začátku ZT.

Ve většině případů program ZT nezahrnuje pouze jeden test, ale sérii testů. Provádět ZT je možné v ordinaci, kam pacient dochází, pod dohledem odborníka nebo v domácím prostředí. Před začátkem jakéhokoli programu ZT, ale zejména před ZT v domácím prostředí, je nutné provést důkladné zaškolení, kdy musí pacient prokázat, že daným technikám ZT rozumí a umí je správně interpretovat. Často je docházka k odborníkovi a domácí zrakový trénink kombinován.

Nejpozději po ukončení programu ZT jsou provedena kontrolní měření pro zjištění změn a následně domluven další postup. Doporučuje se ZT pravidelně opakovat, nejlépe 1 – 2 x do roka.
[7, 12, 14]

5 VÝZKUMNÁ ČÁST

Tato část diplomové práce je věnována výzkumné studii ***„Změny křivky fixační disparity, fúzních rezerv do blízka a blízkého bodu konvergence na základě zrakového tréninku“***. Nejprve seznamuje s cíli práce, zkoumaným souborem a metodikou výzkumu. Dále jsou zaznamenány výsledky výzkumu, které jsou následně komentovány v diskuzi.

5.1 Cíle práce

Hlavním cílem práce bylo zjistit, jak se mění fixační disparita a křivka fixační disparity vlivem zrakového tréninku při měření na dvou typech testů. Dále posoudit vliv ZT na horizontální fúzní rezervy do blízka a na blízký bod konvergence. V neposlední řadě bylo cílem zjistit, jaké změny na sobě sami probandi pozorují po absolvování ZT a jak se jim s vybraným testem typu free space pracovalo.

Od provedeného výzkumu se očekávalo oploštění křivek FD u obou typů testů, nulová či pouze mírná změna velikosti FD, zvýšení PFR a snížení obou hodnot NPC. Též se předpokládalo zlepšení zrakového komfortu po absolvování zrakového tréninku.

5.2 Soubor a metodika

V rámci studie „Změny křivky fixační disparity, fúzních rezerv do blízka a NPC na základě zrakového tréninku“ bylo testováno 23 probandů ve věku 19 až 35 let, z toho 17 žen a 6 mužů. Horní věková hranice byla omezena věkem 40 let z důvodu zachování správné funkce akomodačního aparátu. Každý proband absolvoval celkově pět měření – před zrakovým tréninkem, týden, dva týdny a tři týdny po začátku zrakového tréninku a poslední měření se uskutečnilo dva týdny po ukončení zrakového tréninku. Měření probíhalo vždy ve stejný den a čas v týdnu pro daného probanda a za stejných světelných podmínek pro všechny zúčastněné.

Veškeré druhy měření se prováděly pouze do blízka (na 40 až 50 cm dle typu testu). Soubor měření zjišťoval hodnoty blízkého bodu konvergence, horizontálních fúzních rezerv a parametry křivek fixační disparity získaných ze dvou typů testů. První měření navíc zahrnovalo alternující zakrývací test pro zjištění možné okohybné odchylky, vízus a stereotest. Výzkum mohl být proveden pouze u lidí se schopností binokulární fúze obrazů z obou očí, proto byl stereotest zařazen. Testování proběhlo na Katedře optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci v období od března do května a následně od října do prosince 2012. Zrakový trénink trval 10 min denně (popř. 2 x 5 min) po dobu tří týdnů. Byl k němu využit test typu free space – tři kočky.

K testování byly použity tyto pomůcky: čtecí tabulka, zakrývací placka, fúzní lišty, Random - dot test, tužka, pravítko, brýlová obruba s polarizačními předsádkami a testy ke změření křivky FD. K měření křivky FD byl využit test Wesson Card a test s fixačním podnětem pracovně nazván Oxo. Testy jsou podrobněji popsány níže.

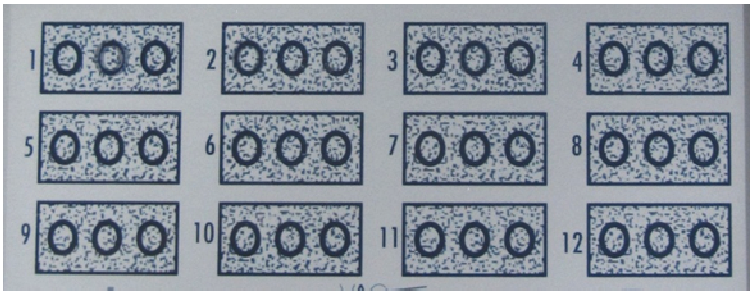
Vízus

Zraková ostrost do blízka byla měřena pomocí čtecí tabulky na vzdálenost 40 cm s korekcí do dálky, pokud proband danou korekci nosí. Pro možné zařazení do výzkumu byl nutný minimální monokulární vízus = 1. Všichni probandi toto kriteriu splnili.

Stereotest

Random-dot test pro vyšetření stereopse odhalil schopnost probandů účastnit se daného výzkumu. Stereopse byla měřena na 40 cm pomocí Graded Circle Test (viz obr. 14), který měří stereopsi do 12,5´´. Minimální hodnota pro zařazení do výzkumu byla stanovena na 60´´. Tato hranice byla všemi probandy splněna (viz *Příloha 2*).

Obr. 14 Graded Circle Test



Zakrývací test

Hrubé zjištění HTF do blízka bylo provedeno pomocí alternujícího zakrývacího testu. Průběh měření byl již popsán v části *2.2 Vyšetření a korekce HTF*. Výzkumu se zúčastnilo 17 probandů s exoforií a 6 probandů s ortoforií. Žádný z nich na počátku nepociťoval výrazné obtíže. Zjištěná HTF byla u všech probandů zhodnocena jako kompenzovaná.

Fúzní rezervy

K měření rozsahu PFR a NFR na vzdálenost 40 cm byla použita prizmatická fúzní lišta o rozsahu 1 – 40 pD, zakrývací placka a čtecí tabulka, na které proband pozoroval vybrané písmeno. Probandovi (s jeho odpovídající korekcí do dálky) pozorující písmeno byla před pravé oko předsazena fúzní lišta a postupně byla posouvána do vyšších hodnot prizmatického přídavku. Probandovým úkolem bylo zahlásit, kdy se obraz rozmaže (blur point), rozdvojí (break point) a opět spojí (recovery point). Tyto hodnoty (v pD) pro PFR (lišta BO) a NFR (lišta BI) byly během dne měření změřeny vždy dvakrát – před testy na detekci křivky FD a po nich. Z těchto hodnot se spočítal aritmetický průměr, který byl použit pro výzkum. Pokud se od sebe hodnoty výrazně lišily, bylo měření provedeno potřetí.

V případě, že nedošlo k rozmazání obrazu, nebyla tato hodnota do tabulky výsledků zapsána. Pokud nebyla velikost FR změřena z důvodu malého rozsahu prizmatické lišty, tato hodnota byla do tabulky zanesena jako 40 (v pD) tučným písmem. Ze stejného důvodu nemožnosti některé hodnoty přesně určit byla ve většině případů do výzkumu zahrnuta pouze hodnota break point.

Blízký bod konvergence

Hodnoty NPC byly získány za pomoci fixačního předmětu, kterým byl hrot tužky, a pravítka (pro změření přesné vzdálenosti hrotu tužky od kořene nosu). Proband fixoval hrot tužky na vzdálenost 50 cm. Poté byl vyzván, aby tužku přibližoval směrem k nosu do doby, než se hrot rozdvojí. Jakmile rozdvojení nastalo, byl požádán o zastavení tužky pro možné změření dané vzdálenosti od kořene nosu (break point). Pak byla tužka umístěna na nos a proband ji oddaloval až do doby, kdy byl hrot viděn jednoduše. Opět byla daná vzdálenost od kořene nosu změřena (recovery point). Během přisouvání a odsouvání tužky k a od nosu vyšetřující pozoroval vzájemnou koordinaci očí probanda pro možnost, že by jedno oko přestalo dříve spolupracovat, uchýlilo by se

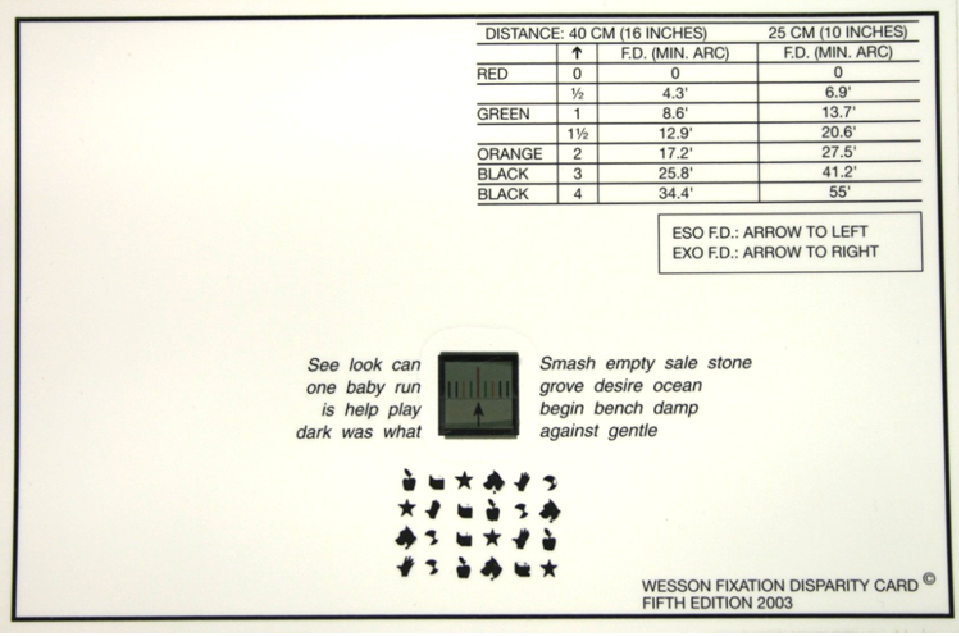
stranou. Tento tzv. objektivní NPC nebyl u žádného z probandů zjištěna, všechny hodnoty NPC (v cm) jsou získána subjektivně.

Testování bylo provedeno v měřící den vždy dvakrát. Spočítána průměrná hodnota (v této práci popisována též jako aritmetický průměr) byla zaznamenána pro potřeby výzkumu. V případě velkých rozdílů bylo provedeno další měření.

Wesson Card

Test Wesson Card slouží k detekci křivky fixační disparity. Nachází se na kartě o rozměru 15 x 10 cm v její spodní části. Skládá se z centrální a periferní části. V horní polovině centrální části se nachází stupnice, v dolní polovině šipka. Střed Wesson Card je polarizovaný, horní polovina o 90° opačně než polovina dolní. Periferní část tvoří text, který slouží k adaptaci na test. V pravém horním rohu karty se nachází tabulka s hodnotami FD v úhlových minutách (dále ´), které odpovídají posuvu šipky po stupnici. (viz obr. 15)

Obr. 15 Wesson Card – test k detekci křivky fixační disparity

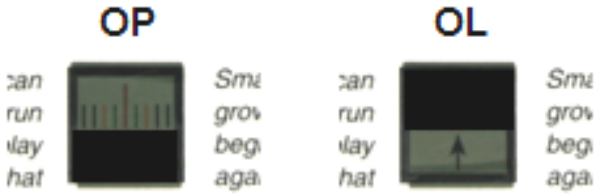


Samotné měření probíhá na vzdálenost 40 cm při použití brýlové obruby s odpovídající korekcí a polarizačními předsádkami. Pravé oko vnímá stupnici (horní část) a levé oko šipku (dolní část), opačný obraz je vždy viděn černě (viz obr. 16). Na začátku se proband adaptuje na test pozorováním periferní části. Poté se pohled

přesune do centra testu. Zde je testováno vnímání testu nejprve při nulové hodnotě prizmatu, poté s předkládanými hodnotami vzestupně od 3 pD BI/BO. Před změnami směru báze a velikosti prizmatické dioptrie je probandovi navracen vjem testu bez použití prizmat. Testování probíhá do vyčerpání předsazovaných hodnot prizmat nebo do doby, kdy dojde k diplopii obrazu, kterou již nelze zvrátit, tedy stáhnout ho očima opět

do jednoduchého obrazu. Získané hodnoty FD se použijí pro vytvoření křivky FD. Při výzkumu provedeném v této práci byly použity tyto hodnoty pD: 0 pD, 3 pD BI/BO, 6 pD BI/BO, 9 pD BI/BO a 12 pD BI/BO. Vyšší hodnoty nebyly zařazeny z důvodu zaměření pouze na centrální část křivky FD.

Obr. 16 Vjem pravého (OP) a levého (OL) oka při měření testu Wesson Card

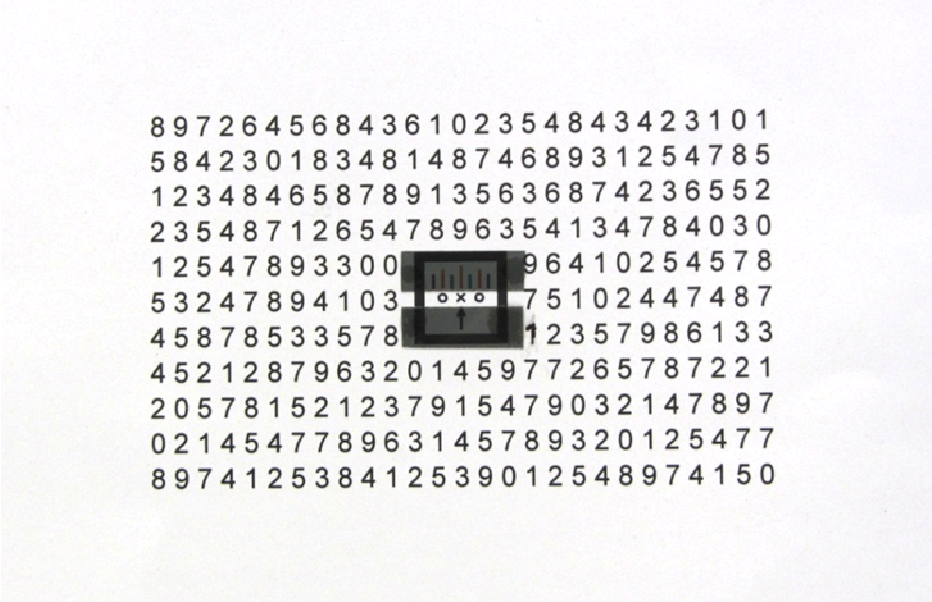


Oxo

Test s centrálním fúzním podnětem pro měření křivky FD do blízka byl sestrojen Mgr. Michalem Hraškem v roce 2010. Vychází z testu Wesson Card. Obměna spočívá v tom, že do jeho střední části mezi stupnicí a šipkou je vložen bílý nepolarizovaný pruh s černým nápisem „O X O“ - centrální fúzní podnět (viz obr. 17), od toho odvozen pracovní název. Kolem čtvercového ohraničení centrální části se nachází periferní část složena z číslic. Ty slouží k adaptaci na test stejně jako slova u testu Wesson Card. Oblast stupnice a šipky je polarizována (vzájemně opačně), a proto je nutné během testování používat na brýlovou obrubu zasazené polarizační předsádky.

Testování a následné vygenerování křivky FD probíhá stejně jako u testu Wesson Card. Předkládaná prizmata pro výzkumnou část byla stejných hodnot jako u předchozího testu k detekci křivky FD. (viz výše)

Obr. 17 Oxo – test k detekci křivky fixační disparity s centrálním fúzním podnětem



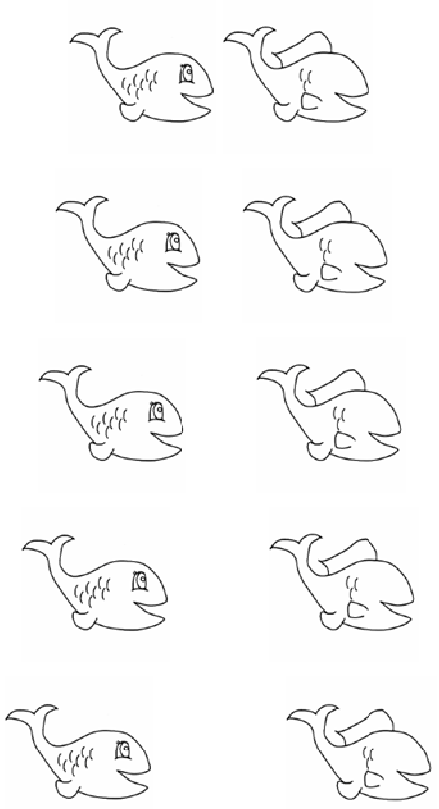
Free space test

Zrakový trénink byl proveden na free space testu typu tři kočky sestrojený Bc. Markétou Halbrštátovou na základě popisu uvedeném v publikaci [14, popř. 15]. Na kartě formátu A4 se nachází pět páru neúplných ryb (viz obr. 18). Středy obrázků prvního páru jsou ve vzdálenosti 5 cm. Další páry se od sebe postupně vzdalují o + 1 cm s každým řádkem až do vzdálenosti 9 cm. Trénink prováděli sami probandi na základě instrukcí získaných od vyšetřujícího. Postup zrakového tréninku byl popsán již v kapitole *4 Zrakový trénink*.

Získaná data byla porovnávána pomocí dvouvýběrového párového t-testu, který je součástí programu Microsoft Office Excel – Analýza dat. Hladina významnosti byla stanovena na 0,05. Tj. rozdíl mezi daty byl považován za statisticky významný, pokud pravděpodobnost zamítnutí rovnosti v případě, že se data skutečně rovnají, je menší než 0,05. U jednotlivých výsledků je též uvedena mezní hladina významnosti p.

O průběhu a rizikách měření a následném využití získaných dat byli probandi informováni před zahájením výzkumu. Všichni účastníci studie tuto skutečnost potvrdili svým podpisem dokumentu *Informace a informovaný souhlas pro účastníky výzkumné studie*, viz *Příloha 3*.

Obr. 18 Test typu tři kočky – použitý při výzkumu v této diplomové práci



5.3 Výsledky

Následující část je věnována získaným výsledkům výzkumné práce. První tři části jsou zaměřeny na objektivní výsledky testů na detekci křivky FD, zjištění velikosti FR a NPC. Poslední část podává informace o subjektivním vnímání testu free space využitého pro zrakový trénink. Stěžejní výsledky jsou uvedeny v obr. 19 – 38 a tab. 3 – 23. Všechny uvedené hodnoty v grafech a tabulkách jsou získané aritmetickým průměr 23 naměřených hodnot (23 = počet probandů), pokud není uvedeno jinak.

V této části jsou obrázky grafů pro jednotlivé dny měření popsány římskými číslicemi od I do V: I – před začátkem ZT, II – po jednom týdnu ZT, III – po dvou týdnech ZT, IV – po třech týdnech ZT (po ukončení ZT), V – dva týdny po ukončení

ZT. Hodnoty naměřené před začátkem ZT jsou uvažovány jako referenční. Sledované tréninkem navozené změny Δ parametrů jsou vždy uvažovány vůči této hodnotě.

Křivky fixační disparity obou typů testů jsou na obrázcích popsány následovně: Záporná stupnice osy x odpovídá předkládané hodnotě v pD BI a kladná stupnice předkládané hodnotě v pD BO. Osa y kladně znázorňuje hodnoty FD [´] pro esoforii a záporně hodnoty FD [´] pro exoforii. V tabulkách jsou hodnoty pD BI označeny záporně (např. 6 pD BI = - 6) a hodnoty pD BO označeny kladně (např. 3 pD BO = 3). Jedním z parametrů křivky FD je centrální sklon křivky, který byl ve výzkumné části měřen. Pro zjednodušení bylo použito označení písmenem S. Hodnoty fixační disparity byly získány z měření jednotlivých testů pro vygenerování křivky FD – Wesson Card a Oxo. Asociační forie nebyla samostatně měřena. Pokud se tedy o určité hodnotě asociační forie [pD] píše, je tato její hodnota vždy získána z grafu vygenerované křivky FD. Pro vygenerování křivky FD u testu Wesson Card byl použit rozsah od 6 pD BI do 6 pD BO a u testu Oxo od 9 pD BI do 9 pD BO. Vyšší hodnoty prizmat nebyly využity z důvodu nenaměření FD (došlo k rozdvojení obrazu) u některých z probandů.

Získané statisticky významné hodnoty jsou znázorněny červeným křížem v obrázcích grafů a červenou barvou v tabulkách. Průměrné změny, které nastaly během jednotlivých měření oproti prvotnímu měření, zanesené na ose y v plusových hodnotách popisují nárůst a v hodnotách záporných pokles.

Všechna data získaná měřením jsou součástí *Přílohy 2*.

5.3.1 Wesson Card a Oxo

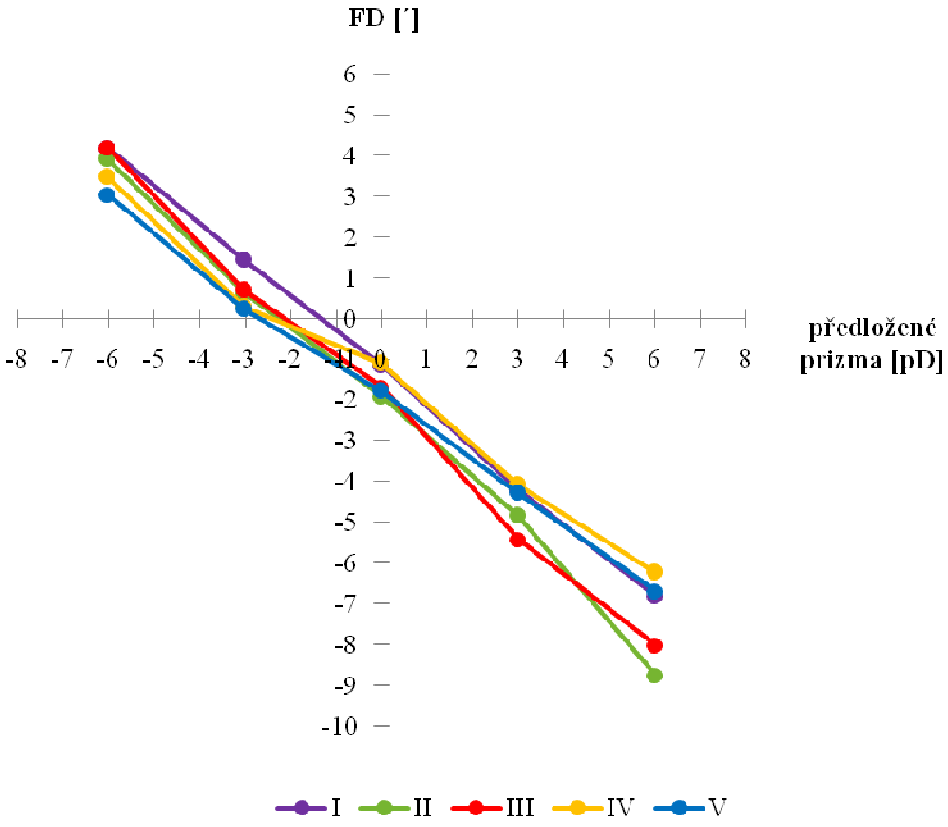
V následující části jsou znázorněny výsledky získané z testování při použití testů Wesson Card a Oxo, které se používají pro měření křivky FD.

5.3.1.1 Wesson Card

Jak můžeme pozorovat na obr. 19, průběh křivky na počátku a v průběhu měření se výrazně nezměnil, bylo zaznamenáno pouze mírné oploštění křivky FD. Již během prvních týdnů ZT se křivka posunula směrem dolů po ose y (hodnota FD). Po 3 týdnech tréninku se FD přiblížila počátečnímu stavu, načež v posledním měření se vrátila k měření III (viz tab. 3 hodnoty v 0). Rozmezí pohybu po ose x bylo od 1,1´ – 1,92´ exo FD, které je však velmi malé. Dále lze pozorovat zvýšení AF v oblasti BI, ke kterému

došlo už po prvním týdnu ZT. Hodnota AF po ukončení ZT byla přibližně 2,4 pD BI, oproti hodnotě naměřené před začátkem tréninku se AF zvýšila o cca 1,05 pD.

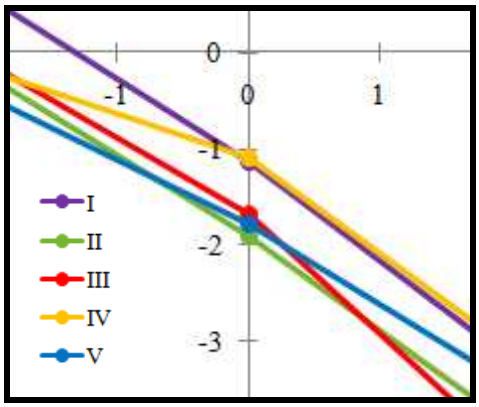
Obr. 19 Křivky FD získané testem Wesson Card; barvy určují jednotlivé dny měření



Tab. 3 Průměrné hodnoty FD [´] získané měřením testu Wesson Card po předložení prizmatické dioptrie (pD) o různé velikosti ve směru BI a BO

pD	I	II	III	IV	V
-6	4,19	3,91	4,19	3,46	3,04
-3	1,44	0,62	0,69	0,28	0,22
0	-1,15	-1,92	-1,68	-1,1	-1,78
3	-4,22	-4,8	-5,42	-4,07	-4,29
6	-6,18	-8,75	-8,01	-6,23	-6,69

Obr. 20 Detail posunu křivek FD po ose y z obr. 19



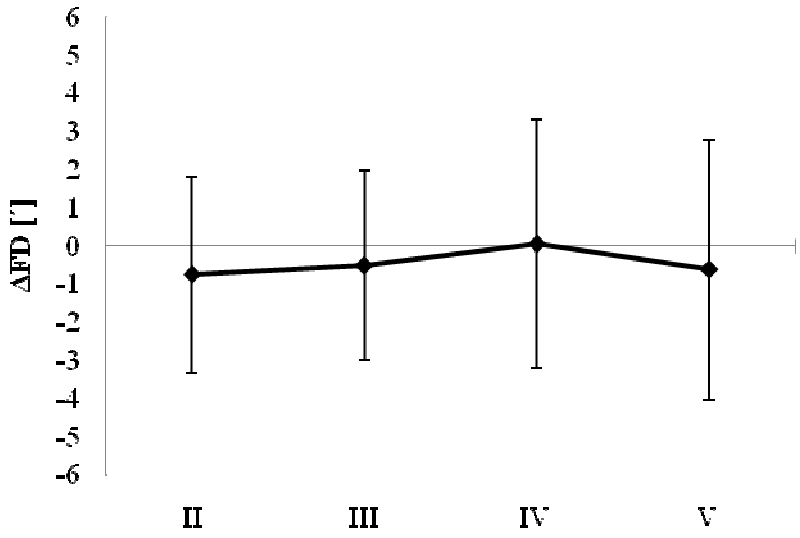
Průměrné hodnoty FD naměřené při předložení nulové hodnoty prizmatu nevykazují velké změny, jak je zobrazeno výše. Směrodatné odchylky těchto hodnot se pohybují v rozmezí 2,71´ až 4,45´ (viz tab. 4). Statistická významnost nebyla shledána v žádném z provedených měření (p_{II} = 0,16, p_{III} = 0,31, p_{IV} = 0,94, p_{V} = 0,39).

Tab. 4 Průměrné hodnoty FD [´] a jejich směrodatné odchylky naměřené při předložení nulové hodnoty prizmatu u testu Wesson Card

	I	**II**	**III**	**IV**	**V**
aritmetický průměr	-1,15	-1,92	-1,68	-1,1	-1,78
směrodatná odchylka	3,43	3,36	4,45	2,71	3,62

Dle obr. 21 průměrné změny hodnot FD po prvním týdnu ZT nejprve klesla, avšak nadále stoupala až do ukončení ZT, kdy byla hodnota dokonce o 0,05´ vyšší než na počátku. Při kontrolním měření dva týdny po ukončení ZT byl však zaznamenán opět pokles FD o -0,63´ od prvního měření. Směrodatné odchylky se pohybovaly v rozmezí 2,48´ – 3,41´. (viz tab. 5)

Obr. 21 Průměrné ΔFD získaná při měření testem Wesson Card; vertikální úsečky představují příslušné směrodatné odchylky

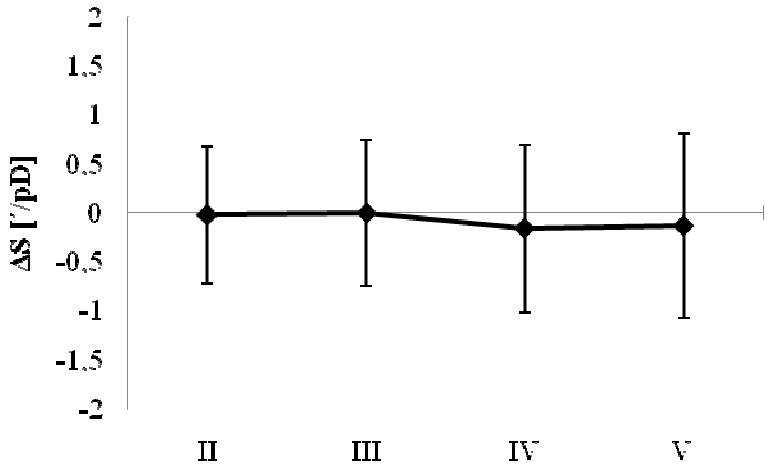


Tab. 5 Průměrné ΔFD [´] a její směrodatné odchylky [´] získaná při měření testem Wesson Card

	II	**III**	**IV**	**V**
FD	-0,77	-0,53	0,05	-0,63
směrodatná odchylka	2,56	2,48	3,27	3,41

Na počátku byla u šesti probandů naměřena velikost sklonu křivky ≥ 1 ´/pD, tedy hodnota poukazující na abnormální stav. Centrální sklon křivky FD (S) se během zrakového tréninku nepatrně změnil. Po třech týdnech ZT ve čtyřech případech došlo k jeho snížení pod hodnotu 1 ´/pD a u dvou zbylých se sklon nesnížil. Avšak abnormální hodnoty byly nově naměřeny u dvou probandů. Po dalších dvou týdnech od ukončení ZT se počet možných symptomatických hodnot sklonu křivky nezměnil (u dvou hodnota klesla do normy a u nových dvou se posunula do symptomatické oblasti). Zjištěné hodnoty nebyly zhodnoceny jako statisticky významné (p_{II} = 0,89, p_{III} = 0,97, p_{IV} = 0,36, p_V = 0,50). Průměrná změna S se pohybovala v rozmezí -0,01 ´/pD až -0,17 ´/pD, směrodatná odchylka těchto hodnot nepřevýšila hodnotu 1 ´/pD (viz obr. 22 a tab. 6).

Obr. 22 Průměrné ΔS [´/pD] při měření testem Wesson Card; vertikální úsečky představují příslušné směrodatné odchylky



Tab. 6 Průměrné ΔS [´/pD] a jejich směrodatné odchylky [´/pD] měřené testem Wesson Card

	II	**III**	**IV**	**V**
průměrná změna	-0,02	-0,01	-0,17	-0,13
směrodatná odchylka	0,70	0,75	0,86	0,94

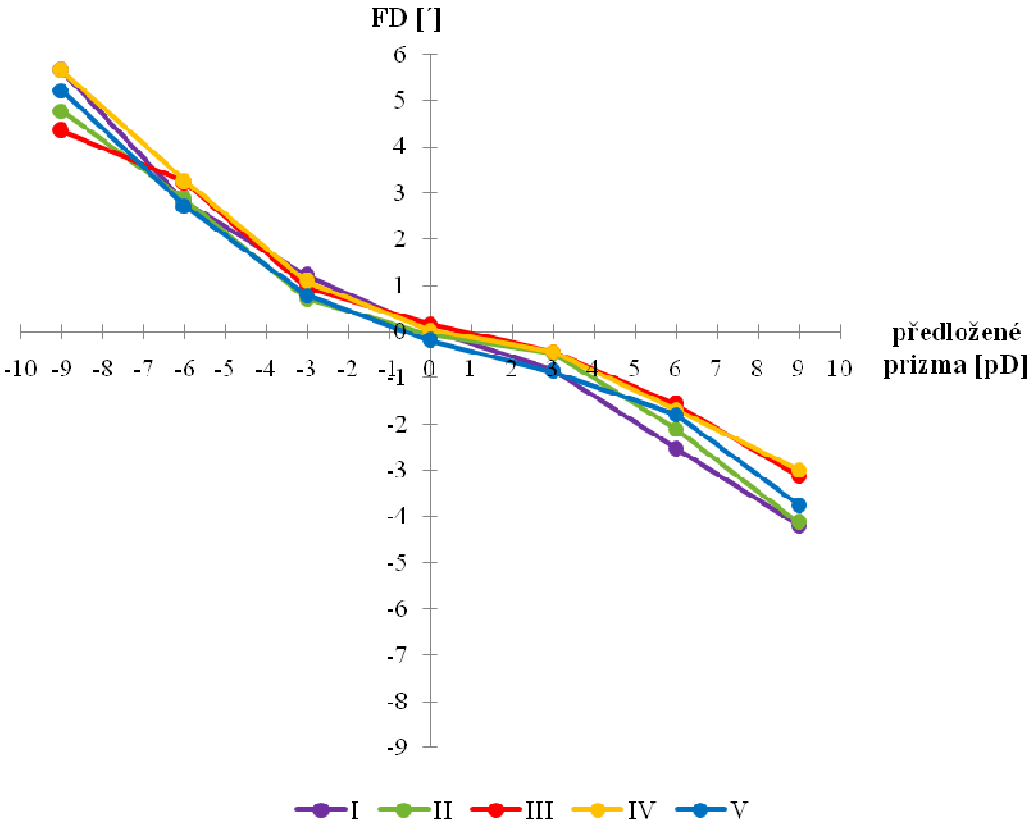
Kromě jednoho probanda, kterému byla vygenerována křivka FD typu III – exo, všichni ostatních již před začátkem ZT vykazovali křivku FD typu I. Po třech týdnech ZT se i u probanda s počáteční křivkou FD typu III tato křivka upravila na typ I. Následně se již typ křivky FD neměnil.

5.3.1.2 Oxo

Průběh křivky na počátku se přibližuje ostatním čtyřem křivkám. Po prvním a druhém týdnu ZT pozorujeme mírné oploštění křivky. Po třetím týdnu ZT se křivka v oblasti BO drží na úrovni předcházejícího měření, avšak v oblasti BI se velmi přibližuje počátečnímu zakřivení (viz obr. 23). Hodnoty na ose y (FD) se během všech měření pohybovaly v rozmezí 0,19´ exo až 0,16´ eso (viz tab. 7). Vliv zrakového tréninku nebyl tedy výrazně projeven. Stejně jako v případě změn na ose x (viz obrázek 23). Velikost asociační forie se během celého měření pohybovala v rozmezí 0,6 pD BI

až 0,8 pD BO. Po 3 týdnech ZT se tato hodnota od původní změnila o 0,05 pD doprava. Tyto posuny jsou však nepatrné.

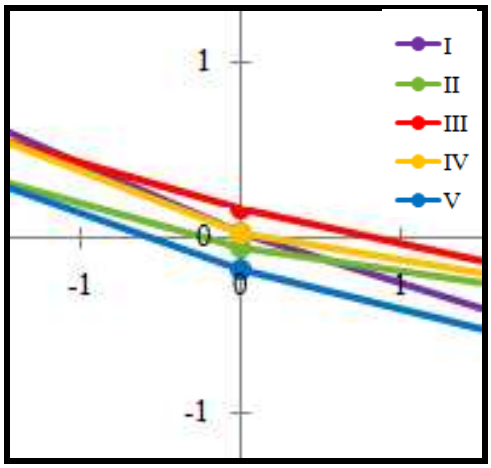
Obr. 23 Křivky FD získané testem Oxo; barvy určují jednotlivé dny měření



Tab. 7 Průměrné hodnoty FD [´] získané měřením testu Oxo po předložení prizmatu [pD] o různé velikosti ve směru BI a BO

pD	I	II	III	IV	V
-9	5,65	4,77	4,35	5,65	5,22
-6	2,80	2,85	3,23	3,26	2,72
-3	1,21	0,71	0,95	1,09	0,79
0	0,03	-0,05	0,16	0,03	-0,19
3	-0,83	-0,46	-0,43	-0,43	-0,87
6	-2,52	-2,10	-1,58	-1,68	-1,79
9	-4,18	-4,13	-3,13	-2,99	-3,75

Obr. 24 Detail posunu křivek FD po ose y z obr. 23



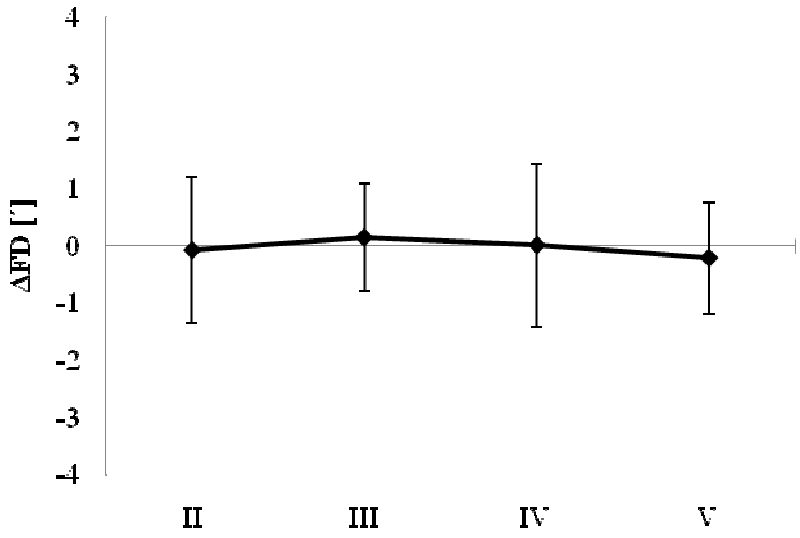
Průměrné hodnoty FD při předložení nulového prizmatu byly velmi podobné. Směrodatné odchylky nepřekročily hodnotu 1,51´, jež byla zjištěna při prvním měření (viz tab. 8). Stejně jako u testu Wesson Card ani u testu Oxo nebyla během výzkumu prokázána žádná statistická významnost (p_{II} = 0,76, p_{III} = 0,5, p_{IV} = 1, p_V = 0,3).

Tab. 8 Průměrné hodnoty FD [´] a jejich směrodatné odchylky [´] naměřené při předložení nulové hodnoty prizmatu u testu Oxo

	I	**II**	**III**	**IV**	**V**
aritmetický průměr	0,03	-0,05	0,16	0,03	-0,19
směrodatná odchylka	1,51	0,42	1,07	0,23	1,11

Průměrná změna FD se během celého výzkumu příliš neměnila (viz obr. 25). Při čtvrtém měření byla dokonce nulová (viz tab. 9). Směrodatné odchylky se pohybovaly v rozmezí 0,94´ až 1,42´. Statistická významnost hodnot nebyla zjištěna.

Obr. 25 Průměrné ΔFD při měření testem Oxo; vertikální úsečky představují příslušné směrodatné odchylky

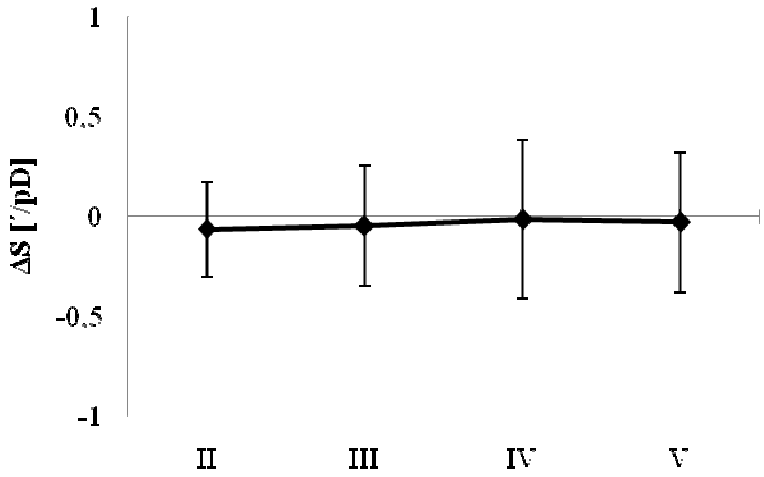


Tab. 9 Průměrné ΔFD [´] a jejich směrodatné odchylky [´] získaná při měření testem Oxo

	II	**III**	**IV**	**V**
průměrná změna	-0,08	0,14	0	-0,22
směrodatná odchylka	1,27	0,94	1,42	0,97

Sklon křivky FD ≥ 1 ´/pD byl zaznamenán před začátkem ZT pouze ve dvou případech. Po třech týdnech ZT se tyto hodnoty snížily pod 1 ´/pD. V tomto stavu přetrvávaly i dva týdny po ukončení ZT, kdy bylo provedeno kontrolní měření. Statistická významnost nebyla shledána v žádném případě provedeného měření (p_{II} = 0,21, p_{III} = 0,47, p_{IV} = 0,86, p_V = 0,7). Průměrná změna centrálního sklonu křivky FD se lišila jen nepatrně a to v řádech setin úhlových minut a hodnoty směrodatné odchylky se pohybovaly v rozmezí 0,24´ až 0,40´ (viz obr. 26 a tab. 10).

Obr. 26 Průměrné ΔS měřena testem Oxo; vertikální úsečky představují příslušné směrodatné odchylky



Tab. 10 Průměrné ΔS [´] a jejich směrodatné odchylky [´] měřené testem Oxo

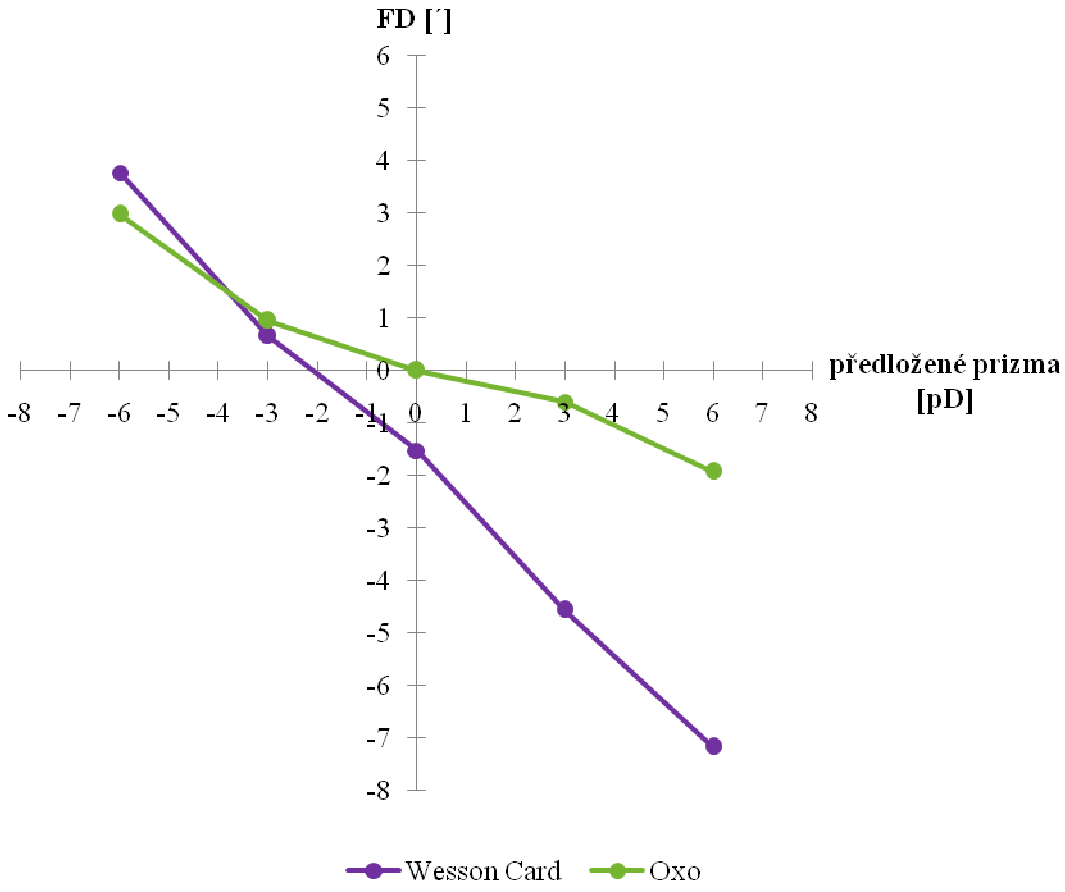
	II	**III**	**IV**	**V**
průměrná změna	-0,06	-0,05	-0,02	-0,03
směrodatná odchylka	0,24	0,30	0,40	0,35

Typy křivek FD u testování testem Oxo byly variabilnější než při testování testem Wesson Card. Před začátkem ZT byly ve dvou případech vygenerovány dvě křivky FD typu II – eso a v jednom případu (stejném jako u testu Wesson Card) typ křivky FD III – exo. Po absolvování ZT všechny křivky FD vykazovaly typ I, avšak po dalších dvou týdnech od ZT se ve dvou zcela jiných případech než na počátku křivky FD změnily na typ II.

5.3.1.3 Wesson Card versus Oxo

Na obr. 27 pozorujeme rozdílný průběh křivky vytvořený testem Wesson Card a Oxo. Wesson Card vytváří strmější křivku. Hodnoty na ose x se nachází v oblasti BI, osu y křivka protíná níže než v 1´ exo. U testu Oxo křivka osu x i y protíná v těsné blízkosti hodnoty 0. Data v tab. 11 poukazují na rozdílné hodnoty obou testů zejména v oblasti BO. K vytvoření křivek FD testu Wesson Card a Oxo byly použity průměrné hodnoty křivek testu Wesson Card a Oxo všech pěti měření.

Obr. 27 Křivky FD dle měření testem Wesson Card a Oxo



Tab. 11 Průměrné hodnoty FD [´] získané z pěti provedených měření testu Wesson Card a Oxo u 23 probandů

pD	Wesson Card	Oxo
-6	3,76	2,97
-3	0,65	0,95
0	-1,53	-0,01
3	-4,57	-0,61
6	-7,17	-1,94

Jak vidíme na obr. 27, sklon křivky FD vygenerovaný testem Wesson Card je oproti měření testem Oxo strmější. Centrální sklon obou křivek FD vykazuje normální hodnoty. U testu Wesson Card se S = 0,87 ´/pD, u testu Oxo byla tato hodnota ještě nižší S = 0,26 ´/pD. Obě křivky FD jsou charakterizovány typem I.

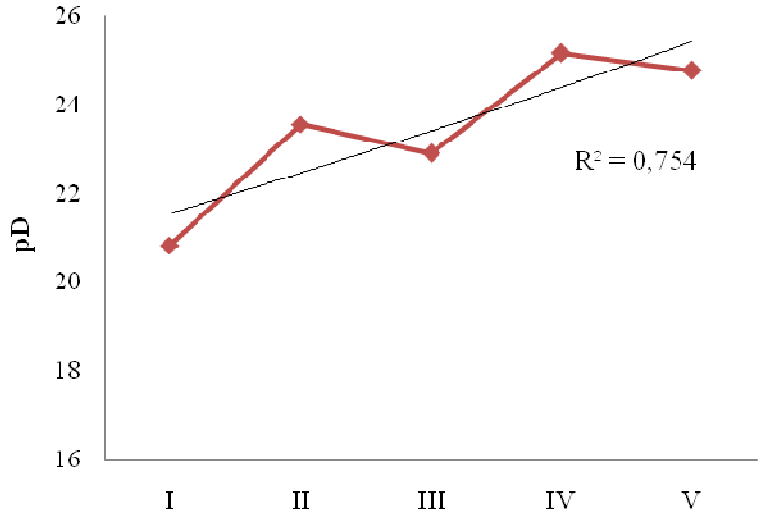
5.3.2 Fúzní rezervy

Výsledky FR jsou rozděleny do dvou podkapitol. První zahrnuje pouze vliv ZT na hodnotu break point PFR a NFR, a to z toho důvodu, že v některých případech nebyla hodnota blur point a/nebo recovery point naměřena. Druhá podkapitola se věnuje celkovým změnám PFR a NFR.

5.3.2.1 Pozitivní a negativní fúzní rezervy – break point

Nerovnoměrný nárůst break point PFR byl zaznamenán na obr. 28. V prvním týdnu se rozsah break point zvýšil o necelé 3 pD, následně klesl a opět vzrůstal. Při posledním měření byl zaznamenán mírný pokles. Spojnice trendu odpovídá spolehlivosti R^2 = 0,754. Směrodatné odchylky pěti měření u PFR pro break point vykazují vysoké hodnoty. Rozmezí se nachází od 7,82 pD do 8,87 pD. (viz obr. 28 a tab. 12)

Obr. 28 Průměrné hodnoty PFR – vývoj break point během výzkumu

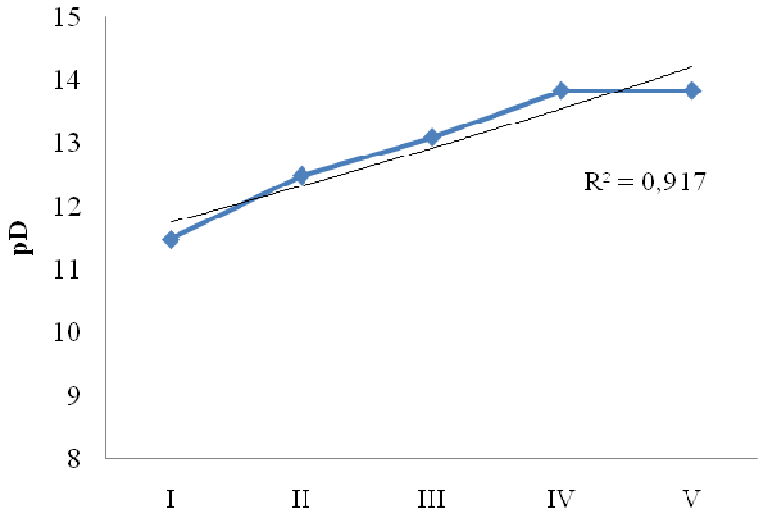


Tab. 12 Průměrné hodnoty PFR [pD] – break point

	I	**II**	**III**	**IV**	**V**
PFR	20,82	23,57	22,91	25,17	24,78
směrodatná odchylka	8,09	8,87	7,82	8,72	8,80

Již po prvním týdnu ZT došlo k nárůstu NFR. Tento vzestup pokračoval až do ukončení ZT. Páté měření odpovídá měření čtvrtému. Trendova linie odpovídá hodnotě spolehlivosti $R^2 = 0,917$. Směrodatné odchylky u NFR dosahují nižších hodnot než u PFR, rozsah byl naměřen od 3,00 pD do 4,08 pD. (viz obr. 29 a tab. 13).

Obr. 29 Průměrné hodnoty NFR – vývoj break point během výzkumu

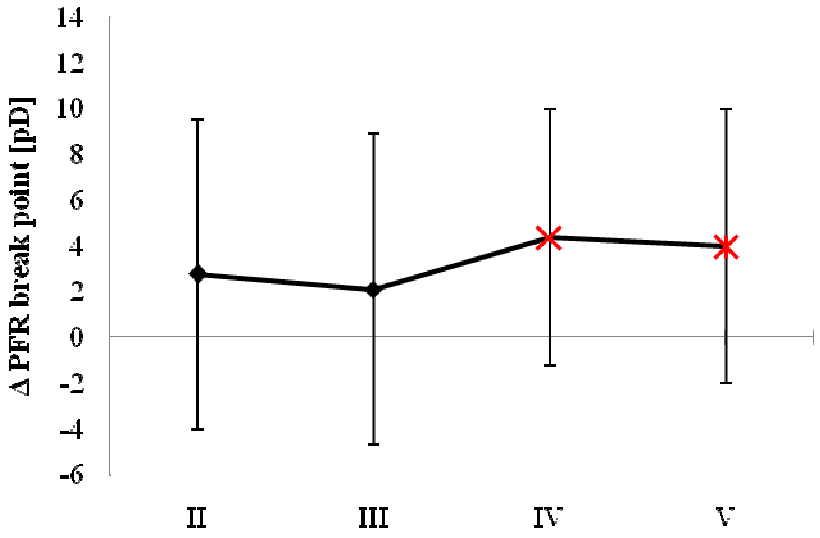


Tab. 13 Průměrné hodnoty NFR [pD] – break point

	I	**II**	**III**	**IV**	**V**
NFR	11,48	12,48	13,09	13,83	13,83
směrodatná odchylka	3,00	3,22	3,68	4,08	3,52

Průměrná změna PFR break point se od počátečního měření zobrazena na obr. 30 pohybovala od 2,09 pD do 4,35 pD, přičemž nejvyšší hodnota této průměrné změny byla naměřena po ukončení ZT. Velikost směrodatné odchylky se pohybovala mezi 5,59 pD až 6,79 pD. (viz tab. 14). Statistická významnost naměřených hodnot PFR byla prokázána po ukončení ZT ($p_{IV} = 0,001$) a ještě dva týdny po jeho skončení ($p_V = 0,005$), viz obr. 30 a tab. 14.

Obr. 30 Průměrné ΔPFR break point; červený kříž značí, kdy bylo dosaženo statistické významnosti; vertikální úsečky představují příslušné směrodatné odchylky

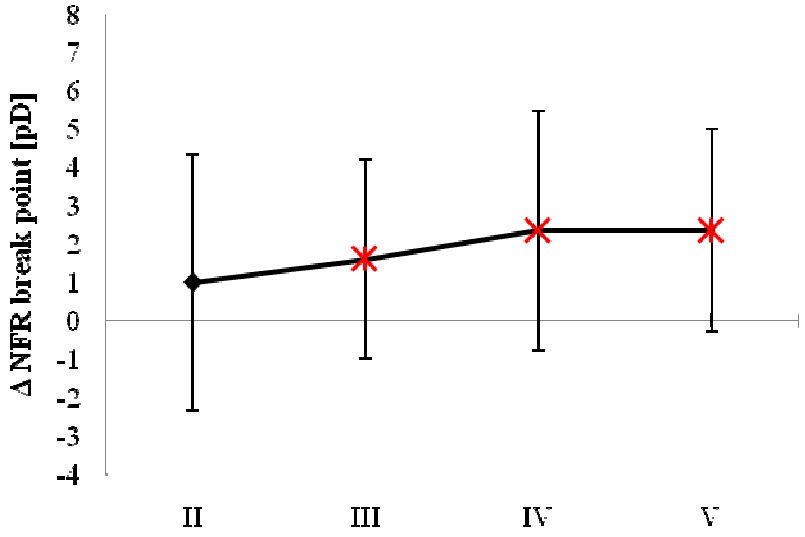


Tab. 14 Průměrné ΔPFR break point [pD] a její směrodatná odchylka [pD]; červeně označeno, kdy bylo dosaženo statistické významnosti

	II	**III**	**IV**	**V**
průměrná změna	2,74	2,09	4,35	3,96
směrodatná odchylka	6,75	6,79	5,59	6,00

Dle obr. 29 lze pozorovat, jak se vyvíjela průměrná změna NFR break point. Již po prvním týdnu ZT se zvýšila o 1 pD, dále stoupala a nejvyšší hodnota 2,35 pD byla zaznamenána po třech týdnech ZT, tedy po ukončení ZT, a stejná byla naměřena i dva týdny po ukončení ZT. Směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí 2,59 pD až 3,33 pD. U NFR byla statistická významnost hodnot zjištěna již dva týdny od začátku ZT (p_{III} = 0,02) a i v následujících měřeních byla prokázána (p_{IV} = 0,003, p_V = 0,0003). (viz obr. 31 a tab. 15)

Obr. 31 Průměrné ΔNFR break point; červený kříž značí, kdy bylo dosaženo statistické významnosti; vertikální úsečky představují příslušné směrodatné odchylky



Tab. 15 Průměrné ΔNFR break point [pD] a její směrodatná odchylka [pD]; červeně označeno, kdy bylo dosaženo statistické významnosti

	II	**III**	**IV**	**V**
průměrná změna	1	1,61	2,35	2,35
směrodatná odchylka	2,59	3,12	3,33	2,64

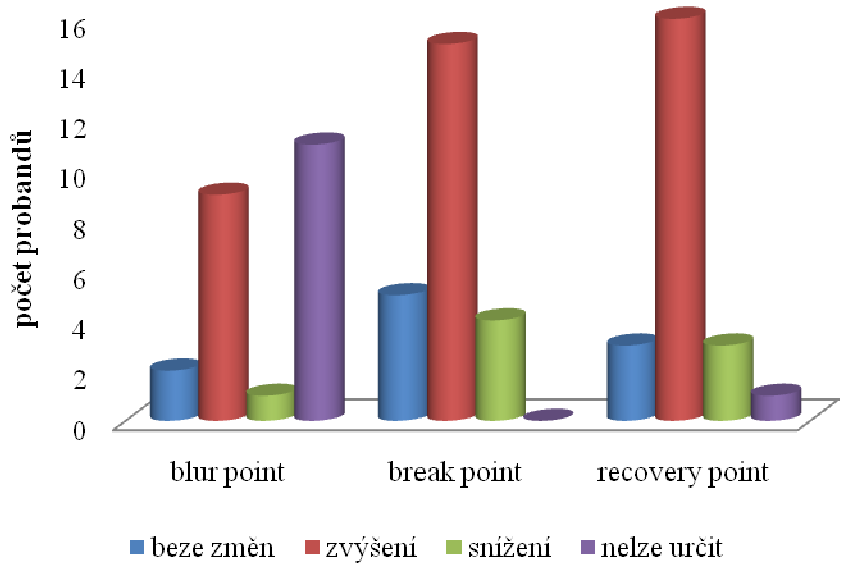
5.3.2.2 Celkové změny PFR a NFR

Všechny tři složky FR (blur point, break point a recovery point) se během pěti měření různě vyvíjely. Jejich vývoj od počátečního měření je zaznamenán následně pomocí obrázků a tabulek. V případě, že nebyla jedna z hodnot blur point, break point či recovery point při měření zaznamenána, a nešlo ji tedy porovnat, byla zařazena do „nelze určit“. Změny u jednotlivých složek jsou znázorněny v počtech probandů, u kterých došlo k dané změně

Změny po ukončení zrakového tréninku

Pozitivní fúzní rezervy po třech týdnech ZT zaznamenaly celkové zvýšení (viz obr. 32). Pouze ve složce blur point prvenství zvýšení předběhlo 11 případů, kdy nebyla tato hodnota vůbec naměřena, tedy nešla určit (viz tab. 16).

Obr. 32 Změny PFR po ukončení ZT

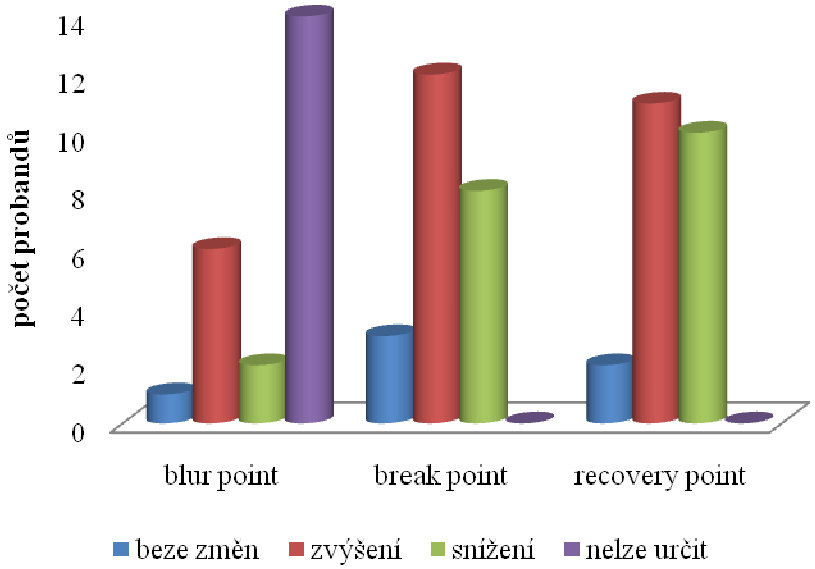


Tab. 16 Změny PFR po ukončení ZT – počty probandů

	beze změn	**zvýšení**	**snížení**	**nelze určit**
blur point	2	9	1	11
break point	5	15	4	0
recovery point	3	16	3	1

Vývoj negativních fúzních rezerv během ZT vykazuje zvýšení (viz obr. 33), avšak opět v případě blur point ve většině případů nešla změna určit. Zvýšení ve složce break point pouze o třetinu převyšuje snížení a ve složce recovery point se snížení pouze o jeden případ neshoduje se zvýšením (viz tab. 17).

Obr. 33 Změny NFR po ukončení ZT



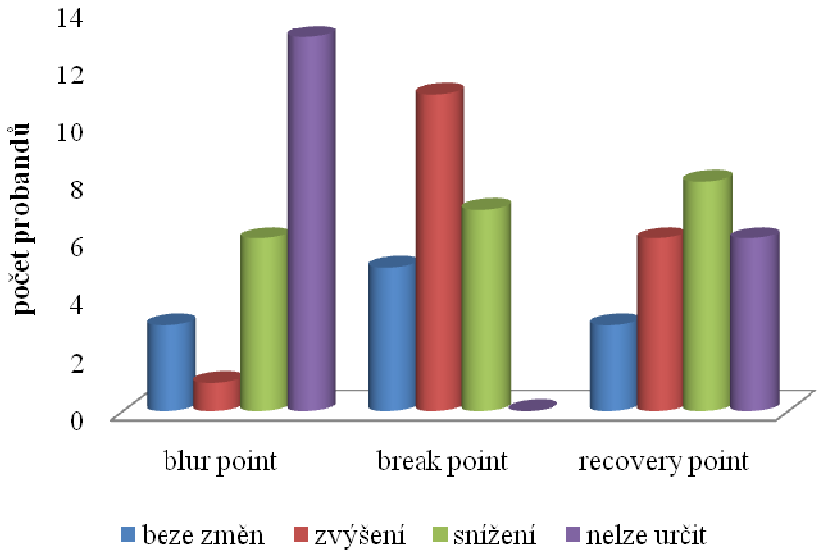
Tab. 17 Změny NFR po ukončení ZT – počty probandů)

	beze změn	**zvýšení**	**snížení**	**nelze určit**
blur point	1	6	2	14
break point	3	12	8	0
recovery point	2	11	10	0

Změny dva týdny po ukončení ZT

V jednotlivých složkách PFR byl zjištěn různý stav. Blur point se udržel na podobné hladině jako po ukončení ZT, kdy u vězšiny probandů nešlo určit změnu. Break point se v 11 případech zvýšil a recovery point měl největší tendenci ke snížení (viz obr. 34 a tab. 18).

Obr. 34 Změny PFR dva týdny po ukončení ZT

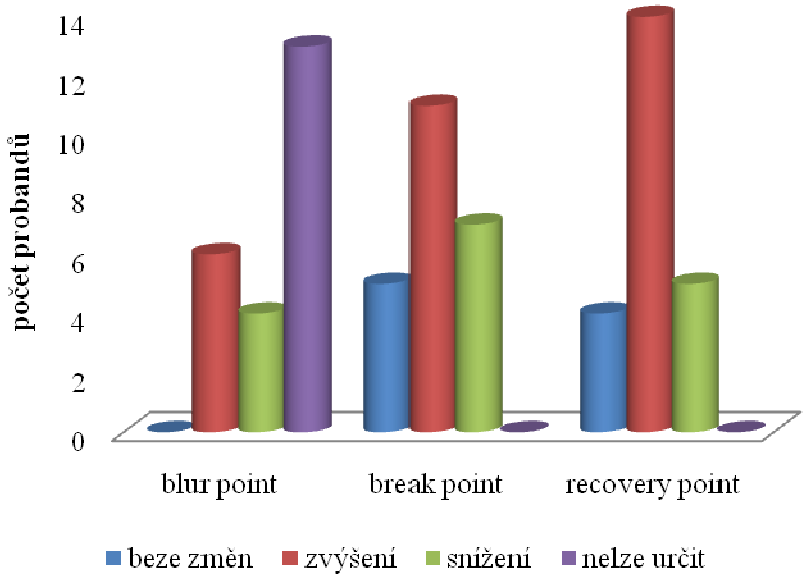


Tab. 18 Změny PFR dva týdny po ukončení ZT – počty probandů

	beze změn	**zvýšení**	**snížení**	**nelze určit**
blur point	3	1	6	13
break point	5	11	7	0
recovery point	3	6	8	6

Celkově vývoj NFR i po 14 dnech od ukončení ZT zaznamenal zvýšení rozsahu, přestože největší podíl složky blur point opět patřil nenaměřeným hodnotám. (viz obr. 35 a tab. 19)

Obr. 35 Změny NFR dva týdny po ukončení ZT



Tab. 19 Změny NFR 2 týdny po ukončení ZT – počty probandů

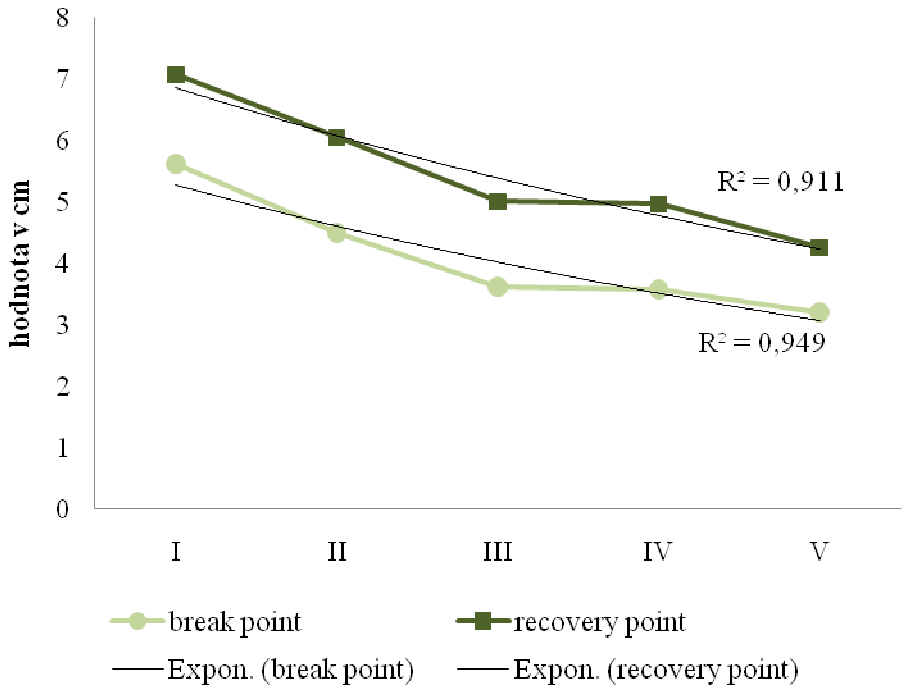
	beze změn	zvýšení	snížení	nelze určit
blur point	0	6	4	13
break point	5	11	7	0
recovery point	4	14	5	0

5.3.3 Blízký bod konvergence

Na obr. 36 vidíme, jak již během dvou týdnů ZT došlo ke snížení hodnot break point i recovery point, které nadále klesaly. Zajímavé je, že hodnoty NPC ještě klesy i dva týdny po ukončení zrakového tréninku. Break point se dostal až na 3,20 cm, jak potvrdí tab. 20. Hodnota spolehlivosti R^2 se u break point i u recovery point blíží 1.

Směrodatná odchylka NPC pro break point zjištěna při prvním měření měla nejvyšší hodnotu 3,86 cm. Dále klesala až na hodnotu 1,77 cm, která byla naměřena dva týdny po ukončení ZT. Směrodatná odchylka NPC pro recovery point se pohybovala velmi podobně, též od počátku klesala. Z hodnoty 3,68 cm před začátkem ZT se snížila na 1,83 cm při posledním měření. (viz tab. 21)

Obr. 36 Změna NPC během výzkumu



Tab. 20 Hodnoty NPC [cm] v jednotlivých dnech měření

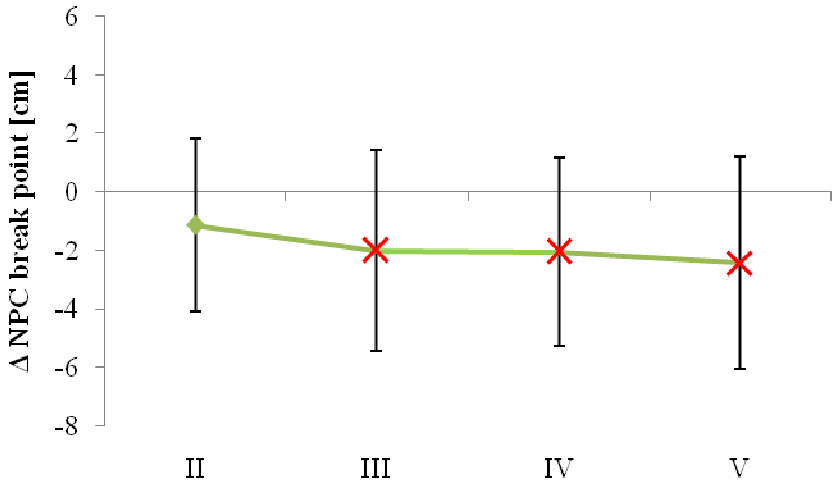
	I	II	III	IV	V
break point	5,62	4,49	3,62	3,58	3,20
recovery point	7,07	6,04	5,01	4,97	4,26

Tab. 21 Směrodatné odchylky NPC [cm] v jednotlivých dnech měření

	I	II	III	IV	V
break point	3,86	2,61	2,15	1,97	1,77
recovery point	3,68	2,77	2,93	2,42	1,83

Průměrná změna break point klesala během celého výzkumu. Již po prvním týdnu klesla o - 1,13 cm a nadále se snižovala až o -2,42 cm od počátečního stavu (viz tab. 22). Dle obr. 38 recovery point též klesal, při závěrečném měření jeho hodnota klesla o -2,8 cm oproti prvotní naměřené hodnotě (viz tab. 22). Směrodatné odchylky u NPC break point se pohybovaly v rozmezí 2,94 cm až 3,62 cm a u recovery point od 2,57 cm do 3,38 cm (viz tab. 22 a 23). Statistické významnosti bylo dosaženo již po druhém týdnu ZT u obou složek NPC a tato významnost byla naměřena i během zbylých měření (viz obr. 37 a 38). Pro break point hladina významnosti dosáhla hodnot $p_{II} = 0,08$, $p_{III} = 0,01$, $p_{IV} = 0,006$, $p_V = 0,004$ a pro recovery point $p_{II} = 0,07$, $p_{III} = 0,008$, $p_{IV} = 0,001$ a $p_V = 0,0004$.

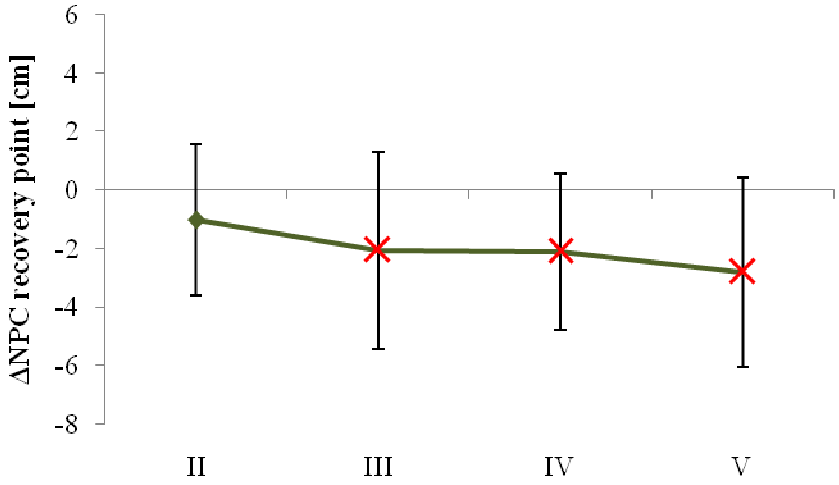
Obr. 37 Průměrná ΔNPC pro break point (v cm); červený kříž značí statisticky významné hodnoty



Tab. 22 Průměrná ΔNPC pro break point [cm] a jeho směrodatné odchylky [cm]; červeně označeny statisticky významné hodnoty

	II	III	IV	V
break point	-1,13	-2	-2,04	-2,42
směrodatná odchylka	2,94	3,42	3,21	3,62

Obr. 38 Průměrná ΔNPC pro recovery point (v cm); červený kříž značí statisticky významné hodnoty



Tab. 23 Průměrná ΔNPC pro recovery point a jeho směrodatné odchylky (obě hodnoty v cm); červeně označeny statisticky významné hodnoty

	II	III	IV	V
break point	-1,02	-2,05	-2,1	-2,8
směrodatná odchylka	2,57	3,38	2,66	3,22

5.3.4 Subjektivní vnímání testu free space

Za pomoci dotazníku (viz *Příloha1*), bylo zjištěno, jak probandi vnímali test na zrakový trénink. Dále byly otázky směřované na pravidelnost průběhu ZT, práci s textem, či zda by něco na testu vylepšili. Od 23 probandů bylo navráceno 18 vyplněných dotazníků, ze kterých byly zjištěny následující údaje.

Skoro polovina probandů se přiznala, že pravidelně necvičila. Bylo to zejména z důvodu nedostatku času, lenosti či zapomenutí. Část ze zmíněné poloviny trénovala pouze 5 min místo 10 min denně. Převážný počet dnů, kdy nebyl probandy proveden ZT, činila v průměru 3 dny z 21 dnů ZT.

Pro třináct probandů náročnost pochopení testu free space byla velmi nízká. Ostatních pět probandů považovalo vybraný test za středně náročný a chvíli jim trvalo, než pochopili, jak s ním mají pracovat. Následná manipulace a práce s testem ZT byla všemi probandy zhodnocena jako dobrá či dokonce velmi dobrá.

Při spojování párů ryb jeden proband nezvládl za celý průběh ZT spojit ani jeden pár z pěti. Dva probandi spojili dva páry ryb, tři probandi tři páry ryb, jeden proband čtyři páry ryb a jedenáct probandů spojilo všech pět párů ryb. První pár ryb se povedl osmi probandům spojit během prvního dne ZT. Do prvních tří dnů ZT se přidali další dva probandi. Do prvního týdne ZT spojili první pár další čtyři probandi a během druhého týdne ZT i poslední dva. Poslední možný pár ryb se u tří probandů podařilo spojit hned při prvním dnu ZT, u ostatních probandů ke spojení docházelo až během druhého a třetího týdne ZT. Pouze tři probandi na počátku ZT nepoužili fixační předmět k provedení testu. Někteří postupem ZT fixační předmět odkládali. Šest probandů používalo fixační předmět po celou dobu ZT.

Po třech týdnech ZT pět probandů nezaznamenalo žádné projevy ZT na jejich zrak. Jedenáct probandů zjistilo, že mohou delší dobu pracovat s počítačem či si číst, někteří z nich pocítili menší únavu očí a snížené dvojení obrazu při práci do blízka. U jednoho probanda bylo zaznamenáno zhoršení výsledků při provádění testů s prizmaty (delší doba na spojení obrazu) a u dalšího probanda došlo subjektivně ke zhoršení pravého oka.

Změny na vybraném testu pro ZT by neprovádělo deset probandů. Ostatní by doporučili např.: větší rozestupy párů ryb pro lepší soustředění, popř. aby měl každý pár svou samostatnou kartu, dále měnit obrázky po týdnu ZT pro zpestření, menší formát a pevnější kartu testu či další páry ryb s většími rozestupy.

5.4 Diskuze

Výzkum byl zaměřen na vliv zrakového tréninku typu exo na vybrané binokulární funkce. Předpoklady pro prováděný výzkum se ve většině případů potvrdily. Pouze u NFR došlo ke zvýšení rozsahu, který se nepředpokládal.

Při porovnání všech pěti získaných křivek FD měřených testem Wesson Card došlo k mírnému oploštění, a to zejména po třech týdnech ZT. Tento stav se předpokládal a byl tedy splněn. Velikost FD se měnila pouze nepatrně v obou směrech. Z toho vyplývá, že ZT zásadně neovlivňuje změnu velikosti FD do exoforie či esoforie. Naopak se ale zvýšil nárůst AF. Jelikož u všech křivky FD od prvního po poslední měření byla zjištěna exo FD, zvýšení AF po oploštění se tímto vysvětluje. Centrální sklonem křivky FD se po aplikaci ZT ve většině případů upravil do normy, což odpovídá danému oploštění. V některých případech však po ZT, a to zejména v prvních dvou týdnech ZT, se centrální sklon křivky FD zvětšil a dostal se do oblasti symptomatických potíží. Tento stav přisuzuji únavě probandů při prováděném měření, popř. stresu ve zrakovém systému, který vznikl aplikací daného ZT. Aplikace ZT dle očekávání dokázala změnit křivku typu III naměřenou u jednoho probanda na typ I. U ostatních nebyla změna požadována, jelikož již na počátku křivka odpovídala typu I. Statistické vyhodnocení velikosti FD a centrálního sklonu křivky nepotvrdilo statistickou významnost těchto parametrů. Tento stav se přisuzuje malým hodnotám změn, které byly zřejmě způsobeny tím, že se studie účastnili jedinci s kompenzovanou či žádnou HTF.

Křivka FD vygenerována testem Oxo poukazuje na podobné výsledky jako test Wesson Card. Došlo k mírnému oploštění křivky, jak se předpokládalo. ZT i u tohoto testu pro měření křivky FD prokázal, že nemá vliv na posun FD, která se pohybovala v mírném rozptylu. Tím, že se změna velikosti FD a průběhu křivky FD výrazně nelišila, byly změny AF pouze nepatrné. Abnormální hodnota centrálního sklonu křivky FD zjištěna u dvou probandů na začátku měření se po absolvování ZT upravila pod 1´, jak se od ZT očekávalo. Stejně tak úprava typu II a typu III křivky FD se díky ZT po třech týdnech upravila na typ I. Přestože typ II se po dvou týdnech od ukončení ZT objevil u dvou probandů, předpokládá se, že tento stav byl vyvolán pouze z důvodu zvětšení oblasti adaptace. Kdyby byla provedena další měření s vyššími hodnotami pD BO, předpokládá se vygenerování křivky typu I. Statistická významnost nebyla

zaznamenána při změně velikosti FD ani u změny centrálního sklonu křivky FD. Dle již popsaných změn výše je patrné, že změny nejsou natolik odpovídající, aby měly statistickou významnost. Tato fakta jsou přisuzována stejně jako v případě křivky FD naměřené testem Wesson Card skupině probandů s kompenzovanou či žádnou HTF.

Křivky FD vygenerované oběma typy testů (s centrálním podnětem i bez něho) se od sebe odlišují zejména sklonem, kdy křivka FD získána testem Wesson Card je strmější než křivka FD naměřená testem Oxo. U testu Oxo byla ve všech případech zjištěna větší oblast adaptace než u testu Wesson Card. Rozdílnost testu bez centrálního a s centrálním podnětem je tedy patrná. Na podobný výsledek poukazuje i výzkum provedený v roce 1995 [16], kdy byly porovnávaný testy Wesson Card a Sheedy Disparoimetr. Přestože se Sheedy Disparometer řadí též mezi test bez centrálního fúzního podnětu jakým je Wesson Card, při porovnání křivek test Sheedy Disparometr vykazoval menší sklon křivky FD stejně jako test Oxo. Dá se tedy říci, že se výsledky provedené testem Oxo podobají více testu Sheedy Disparometr než výsledkům testu Wesson Card.

Nárůst fúzních rezerv PFR i NFR byl zaznamenán již po prvním týdnu ZT. Přestože byl u PFR zaznamenán pokles po dvou týdnech ZT a dva týdny po ukončení ZT, tato hodnota neklesla pod hodnotu původní. U NFR došlo při posledním měření ke stagnaci. Změny jednotlivých složek FR (break point, blur point a recovery point) po ukončení ZT a dva týdny po ukončení ZT též zejména rostly a to u PFR i NFR. Především nárůst PFR se předpokládal z důvodu ZT zaměřeného na exoforii. Nárůst NFR překvapil a může vést k výsledku, že ZT zaměřený na exoforii pomáhá i při esoforii. Druhou možností vysvětlení je, že zvýšení rozsahu NFR nastalo po nesprávně prováděném ZT (opačným směrem, pro esoforii). Statistická významnost byla zaznamenána u PFR po třech týdnech ZT a u NFR již po dvou týdnech ZT. Studie z roku 1983 [17] dokazuje vliv ZT na nárůst PFR u incuficience konvergence. Tvrdí, že vlivem ortoptického tréninku i vlivem vektografického cvičení na posílení PFR dochází k nárůstu rozsahu PFR, který vede nejen k nápravě incuficience konvergence, ale i ke snížení astenopických potíží vzniklých na základě vergenční nestability zrakového systému. Stejné pozitivní účinky na FR do blízka (na PFR více než na NFR) popisuje i studie [18] z roku 2010. Dle těchto studií i výsledků statistické významnosti vlivu ZT na FR, která byla v tomto výzkumu potvrzena, lze usuzovat, že využití ZT k posílení FR je správné a má smysl.

Přestože velikost obou složek NPC byla na počátku u většiny probandů v normě, předpokládalo se, že vlivem ZT dojde k jeho snížení, které se potvrdilo již po týdenním trvání ZT. Konvergence se posílila a díky tomu na konci výzkumu u všech probandů byla hodnota NPC pro break point i recovery point v normě. Význam ZT na snížení NPC potvrzuje i provedená statistická analýza. Pozitivní vliv ZT na snížení NPC popisuje i studie [18], která byla zaměřena na dospělé pacienty s insuficiencí konvergence.

Výsledky, které byly zjištěny ve výzkumné části, a jejich malá změna u některých typu měření, může být způsobena nedodržováním přesného časového plánu zrakového tréninku. Skoro polovina účastníku studie se totiž přiznala, že zrakový trénink neprováděla vždy pravidelně. Nejednalo se pouze o snížení časového intervalu 10 minut, který byl pro provádění ZT/den stanoven, ale také o úplné vynechání ZT.

Subjektivní zlepšení zrakového komfortu u více než 50 % probandů po absolvování ZT poukazuje na význam této metody. Zhoršení výsledků jiných testů pro zjištění stavu binokulárního vidění, které nastalo u jednoho z probandů, by mohlo být spíše následkem únavy vergenčního systému vlivem ZT než že by tento stav byl přímým výsledkem prováděné terapie. A to i z toho důvodu, že dané měření bylo provedeno během prvních dvou týdnu ZT, kdy nárok na vergenční systém byl vlivem ZT velký. Zda tento problém přetrvával i po ukončení ZT či v poslední fázi výzkumu nevím, jelikož toto měření již nebylo dále prováděno. Toto zjištěné zhoršení nebylo symptomatické, ale pozorované pouze při daných měření, kdy byly výsledky porovnávány s těmi před ZT. Subjektivní problém se zhoršeným viděním pravého oka zaznamenané u dalšího z probandů lze přisuzovat též zvýšenému nároku na vergenční systém vyvolaném ZT, které se projevilo právě tímto způsobem. S negativním vlivem ZT jsem se v literatuře nesetkala, a tedy nedokáži říci, zda může vyvolat takové problémy, které nastaly ve dvou výše zmíněných případech.

Přestože část dotazníku zaměřena na práci s testem typu free space odhalila, že více než polovina probandů by neprováděla žádné změny na daném testu pro ZT, návrhy na jeho úpravu jsou věcné a bylo by dobré je pro další výzkumy a přímou aplikaci ZT na odborných pracovištích pro to určených využít.

6 ZÁVĚR

Již v rané dospělosti mnoho lidí trpí sníženým zrakovým komfortem. Často bývá způsoben obtížemi ve vergenčním zrakovém systému, za kterými stojí skryté okohybné odchylky. Projevuje se nejčastěji do blízka a to rozmazaným či rozdvojeným viděním, které má za následek nemožnost delší dobu na tuto vzdálenost pracovat. V některých případech dochází dokonce i k projevům astenopických potíží, jakými jsou např. bolest očí, bolest hlavy či pocity na zvracení. Přestože se již dříve vědělo, jak těmto obtížím čelit, nebylo tolik zkušených odborníků, kteří by se této problematice věnovali. Naštěstí doba pokročila a odborníci jako optometristé či oftalmologové jsou již dnes schopni lidem s těmito skrytými odchylkami pomoci.

Tato diplomová práce se věnuje skrytým okohybným odchylkám, tzv. heteroforii a fixační disparitě. Zmiňuje druhy daných odchylek, jak je možné je zjistit a následně dle různých typů zhodnocení je korigovat. Zrakový trénink je jednou z možností terapie daných okohybných odchylek, které způsobují potíže. Výzkumná část této práce byla věnována právě této metodě.

Za účasti 23 probandů ve věku 19 – 35 let byl po dobu tří týdnů prováděn zrakový trénink typu free space. Každý proband měl za úkol cvičit daný test po dobu 10 min/den (popř. 2 x 5 min/den). Na základě pěti provedených měření během zrakového tréninku a dva týdny po něm, bylo zjišťováno, jaký má zrakový trénink vliv na vybrané binokulární funkce. Na závěr testovaní jedinci vyplnili dotazník, kde zaznamenali, jak vnímali průběh zrakového tréninku a jeho účinky.

Dle provedeného výzkumu lze říci, že zrakový trénink působí velmi pozitivně zejména na fúzní rezervy a blízký bod konvergence. Testování změny křivky fixační disparity a jejich parametrů u dvou typů testu sice neprokázaly tak kladné výsledky, avšak určitý posun u nich byl též zaznamenán. Subjektivní vnímání testu zrakového tréninku typu free space, jež bylo hodnoceno na základě dotazníku, také potvrdilo význam zrakového tréninku, přestože se u malého vzorku probandů dostavili i negativní výsledky. Mnoho již dříve provedených studií (např. studie zmíněné výše v *5.4 Diskuze*) podporuje výsledky této práce a poukazuje tedy na to, že zrakový trénink posiluje vergenční zrakový systém.

Zrakový trénink je možné využívat nejen při léčbě poruch vergenčních schopností oka, ale i u akomodačních dysfunkcí či suprese a to v jakémkoli věku. Často

je zrakový trénink, avšak v jiné úpravě než byl v této práci zmíněn, využíván i u sportovců, policie či vojska [19, 20], kde jeho účinky mají vliv na zlepšení koordinace pohybů a zrychlení reakcí. Přestože jsou pozitivní účinky zrakového tréninku prokázány, v České republice se jen zřídka setkáme s jeho aplikací. Proto je důležité, aby se i touto metodou terapie začali odborníci jako optometristé a oftalmologové zabývat a využívat jí ve své profesi stejně jako je tomu např. ve Velké Británii, Austrálii či USA.

7 LITERATURA

[1] ELLIOTT, D. B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. Second Edition. London: Elsevier Health Sciences, 2003. ISBN 0-7506-5527-5.

[2] PLUHÁČEK, F. *Analýza a řešení vergenčních poruch* – výukový materiál k předmětu Korekce zraku II, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2009.

[3] SCHEIMAN, M., WICK, B. *Clinical managment of binocular vision: Heterophoric, Accommodative and Eye Movement Disorders*. Third Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN-13 978-0-7817-7784-1, ISBN-10 0- 7817-7784-4.

[4] PLUHÁČEK, F. *Nestrabické a akomodační poruchy BV* – výukový materiál k předmětu Korekce zraku II, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2009.

[5] RUTRLE, M. *Binokulární korekce na polatestu.* První vydání. Brno: IDV PZ, 2000. ISBN 80-7013-302-3.

[6] PLUHÁČEK, F. *MKH* – výukový materiál k předmětu Nestrabické poruchy binokulárního vidění, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2012.

[7] PLUHÁČEK, F. *Nestrabické poruchy BV* – výukový materiál k předmětu Nestrabické binokulární poruchy, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2012.

[8] THOMAS O SALMON OD PHD FAAO PROFESSOR OF OPTOMETRY. *Thomas O Salmon OD PhD FAAO Professor Of Optometry* [online]. ©2009 [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: http://arapaho.nsuok.edu/~salmonto/vs3.html

[9] KATEDRA OPTIKY. Fixační disparita [online]. ©2008 [cit. 2013-01-12]. Dostupné z: http://www.optometry.cz/obsah/materialy/FD_OPTA2012.pdf

[10] CHETTY, E., JACKSON, S., MITTON, C. and PHILLIPS, T.K. *A review of fixation disparity*. The South Africa Optometrist, Vol. 66, 2007, No. 4, pp. 192 - 197

[11] PROJECT ORBIS INTERNATIONAL INC. *Project ORBIS International Inc* [online]. ©2003 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: http://telemedicine.orbis.org/bins/content_page.asp?cid=1-2193-2349

[12] HARMONY VISION CARE. *Harmony Vision Care* [online]. ©2013 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: http://www.harmonyvisioncare.com.au

[13] OPTOMETRISTS NETWORK. *Optometrists network* [online]. ©1996+ [2013-01-12]. Dostupné z: http://www.visiontherapy.org/

[14] EVANS, B. J. W. *Pickwell's Binocular Vision Anomalies.* Fifth Edition. Philadelphia: Butterworth-Heinemann Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.

[15] HALBRŠTÁTOVÁ, M. *Zrakový trénink vergence a akomodace*: *bakalářská práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2011.

[16] GOSS, D. A., PATEL, J. *Comparison of Fixation Disparity Curve Variables Measured with the Sheedy Disparometer and the Wesson Fixation Disparity Card*. Optometry and Vision Science, Vol. 72, 1995, No. 8, pp. 580 - 598

[17] COOPER, J. et al. *Reduction of Asthenopia in Patients with Convergence Insufficiency after Fusional Vergence Training.* American Journal of Optometry & Physiologocal Optics, Vol. 60, 1983, No. 12, pp. 982 - 989

[18] NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *National Center for Biotechnology Information* [online]. ©2011 [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3134155/

[19] DYNAVISION. *Dynavision* [online]. ©2008+ [cit. 2013-04-03] Dostupné z: http://dynavisiond2.com/company/about-dynavision/

[20] SPORTS VISION. *Sport Vision* [online]. ©2013 [cit. 2013-04-03] Dostupné z: http://www.sportsvision.com.au/home/

OBRAZOVÁ DOKUMENTACE

Obr. 3 THOMAS O SALMON OD PHD FAAO PROFESSOR OF OPTOMETRY. *Thomas O Salmon OD PhD FAAO Professor Of Optometry* [online]. ©2009 [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: http://arapaho.nsuok.edu/~salmonto/vs3.html

Obr. 4 OPTOMETRY. *Optometry* [online]. ©2013 [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: http://www.optometryjaoa.com/article/S1529-1839(06)00646-4/fulltext

Obr. 9 EVANS, B. J. W. *Pickwell's Binocular Vision Anomalies.* Fifth Edition. Philadelphia: Butterworth-Heinemann Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.

SEZNAM ZKRATEK

´	úhlová minuta/y
´´	sekunda/y
°	stupeň/ně
ang.	anglicky
AF	asociační forie
AO	American Optometry
BD	báze dolů (base down)
BI	báze dovnitř (base in)
BO	báze vně (base out)
BU	báze nahoru (base up)
cpm	cyklus za minutu
eso	esoforie
exo	exoforie
FD	fixační disparita
FR	fúzní rezervy
HTF	heteroforie
NFR	negativní fúzní rezervy
NPC	blízký bod konvergence
OL	levé oko
OP	pravé oko
p	hladina významnosti
pD	prizmatická dioptrie
PFR	pozitivní fúzní rezervy
S	centrální sklon křivky
ZT	zrakový trénink

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – dotazník

Příloha 2 – výsledná dat všech provedených měření; volně přiložená k diplomové práci a součást CD

Příloha 1 – dotazník

Následující dotazník slouží k průzkumu v souvislosti se zpracováním diplomové práce na téma Vliv zrakového tréninku na vybrané binokulární funkce. Je zaměřen na subjektivní vnímání testu, který jste během zrakového tréninku prováděl/a. Prosím Vás o pravdivé vyplnění dotazníku.

1) Zrakový trénink jsem prováděl/a pravidelně dle pokynů, tzn. 10 min/den (popř. 2 x 5 min/den): a) ano
b) ne

Pokud jste odpověděli ano, pokračujte na otázku č. 3.

2) Došlo k úplnému vynechání zrakového tréninku během daných 3 týdnů? Pokud ano, kolikrát, v jakém rozsahu (např. víkend, 3 dny ve 2. týdnu, …) a proč?

_____

_____

3) Jaká pro Vás byla náročnost pochopení testu? a) nízká (bez problému)
b) střední
c) vysoká (velmi náročná)

4) Jak se Vám s testem pracovalo? (manipulace)

_____

_____

5) Podařilo se Vám spojit: a) všech 5 párů
b) 4 páry z 5ti
c) 3 páry z 5ti
d) 2 páry z 5ti
e) pouze 1. pár
f) nepodařilo se mi spojit ani jeden pár ryb (pokračujte na otázku č. 8)

6) Jak dlouho Vám trvalo spojit 1. pár? Bylo to za pomoci fixačního předmětu?

_____

_____

7) Kdy jste spojil/a poslední možný pár?

_____

_____

8) Jaké změny jste zaznamenal/a po absolvování zrakového tréninku?

_____

_____

9) Kde jste nejčastěji trénoval/a? (možno uvést více míst)

_____

_____

10) Co byste na testu změnil/a a proč?

_____

_____

Poznámky:

_____

_____

Děkuji za pravdivé vyplnění dotazníku.

Markéta Halbrštátová

Příloha 2 – výsledná data všech provedených měření