

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

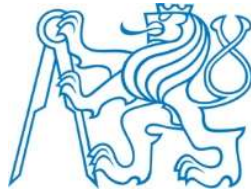
**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2023

VERONIKA VRBOVÁ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely

Use of the Brock string for diagnostic purposes

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Veronika Vrbová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Bc. Přemysl Kučera

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vrbová** Jméno: **Veronika** Osobní číslo: **500014**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Yyužití Brockova vlákná pro diagnostické účely

Název bakalářské práce anglicky:

Use of the Brock string for diagnostic purposes

Pokyny pro vypracování:

Brockovo vlákno je používáno jako pomůcka při tréninku vergenčních poruch, jeho aplikace v diagnostice je uplatňována jen okrajově. Analyzujte princip fungování Brockova vlákna, jeho výhody a případné nevýhody v jeho použití. Navrhněte možnosti použití Brockova vlákna pro diagnostiku v oblasti vergenčních, případně akomodačních anomálií a porovnejte ji s jinými diagnostickými metodami. Stanovte konkrétní metodiku použití Brockova vlákna pro zjištění blízkého bodu konvergence. Zjistěte blízký bod konvergence pomocí Brockova vlákna u vhodného vzorku probandů a porovnejte s výsledky zjištěné jinou technikou.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SCHEIMAN, M., WICK, B., Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders, ed. 5., Wolters Kluwer Health, 2020, 723 s., ISBN 978-1-49639-973-1
- [2] BENJAMIN, W. J., Borish's Clinical Refraction, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, 1694 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [3] EVANS, B.J.W., Picwell's binocular vision anomalies, ed. 5., Elsevier, 2007, 454 s., ISBN 0-7506-8897-1

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Bc. Přemysl Kučera

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2024**

doc. Ing. Petr Kudrna, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

Název bakalářské práce: Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely

Abstrakt:

Tato bakalářská práce s názvem Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely se zabývá oblastí binokulárního vidění souvisejícím s konvergencí a jejími poruchami. Práce popisuje anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů, představuje binokulární anomálie a metody vyšetření vergence. Stěžejní část se věnuje detekčnímu a kvantifikačnímu využití Brockova vlákna a srovnání s obvyklými diagnostickými metodami vyšetření vergence. V závěru představuje možnosti zrakového tréninku vergenčních, eventuálně akomodačních poruch pomocí Brockova vlákna. Praktická část se věnuje měření blízkého bodu konvergence na 50 probandech za využití obvykle používané diagnostické metody „free-space“, metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna. Následně práce statisticky zpracovává a porovnává tato naměřená data.

Klíčová slova:

Brockovo vlákno, binokulární anomálie, vergence, fyziologická diplopie, zrakový trénink

Bachelor's Thesis title: Use of the Brock string for diagnostic purposes

Abstract:

This work called Use of the Brock string for diagnostic purposes writes about areas of binocular vision related to convergence and its disorders. This work describes the anatomical and physiological basis of vergence movements, presents binocular anomalies and vergence examination methods. The core part is devoted to the detection and quantification of Brock string and comparison with the usual diagnostic methods of vergence examination. In the end it presents the possibilities of visual training of vergence and possibly accommodative disorders using Brock string. The practical part is devoted to the measurement of the near point of convergence on 50 subjects using the usually used diagnostic method „free-space“, the „free-space“ with the control of physiological diplopia and the Brock string. Then the work statistically processes and compares these measured data.

Key words:

Brock string, binocular anomalies, vergence, physiologic diplopia, vision training

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala Bc. Přemyslovi Kučerovi za cenné rady a podporu při zpracování bakalářské práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne

.....

podpis

Obsah

Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely

1. Úvod	1
2. Anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů	2
2.1 Anatomická východiska	2
2.2 Fyziologická východiska	3
2.2.1 Motorická spolupráce očí	4
2.3 Oční triáda	4
2.3.1 Akomodace	4
2.3.2 Konvergence	4
2.4 Binokulární vidění	5
3. Binokulární anomálie	7
3.1 Poruchy akomodace	7
3.2 Poruchyvergence	7
3.3 Strabismus	8
3.3.1 Heteroforie	8
3.3.2 Heterotropie	9
3.4 Anizeikonie	9
3.5 Suprese	10
4. Metody vyšetřenívergence	11
4.1 Cover testy	11
4.1.1 Cover – uncover	11
4.1.2 Cross – cover	11
4.2 AC/A poměr	11
4.3 CA/A poměr	12
4.4 Fúzní rezervy	12
4.5 Blízký bod konvergence	13
4.6 Blízký bod akomodace	14
5. Detekční a kvantifikační využití Brockova vlákna	15
5.1 Brockovo vlákno	15

5.2	Diagnostika pomocí Brockova vlákna	16
6	Zrakový trénink	17
6.1	Metody zrakového tréninku	17
6.1.1	„Free space“	17
6.1.2	Brockovo vlákno	18
6.1.3	„Tři kočky“	18
6.1.4	Tranaglyfy a vektogramy.....	19
6.1.5	Stereoskop	20
7	Experimentální část	21
7.1	Úvod experimentální části	21
7.2	Metodika	21
7.3	Hypotézy	23
7.4	Výsledky	24
7.4.1	Analýza vzorku.....	25
7.4.2	Statistická analýza	27
7.4.2.1	Hypotéza 1	27
7.4.2.2	Hypotéza 2	29
7.4.2.3	Hypotéza 3	30
7.5	Diskuze	31
7.6	Závěr experimentální části.....	32
8	Závěr.....	33
	Seznam použité literatury	34
	Seznam symbolů a zkratek	37
	Seznam obrázků.....	38
	Seznam tabulek.....	39
	Seznam příloh	40

1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá vyšetřením blízkého bodu konvergence pomocí Brockova vlákna. Brockovo vlákno je pomůcka využívaná při zrakovém tréninku vergenčních poruch, avšak k diagnostice je využíváno pouze okrajově.

Téma bakalářské práce jsem si vybrala, protože mě zajímalo, z jakého důvodu se Brockovo vlákno nevyužívá k měření blízkého bodu konvergence a zda je možné ho využít k diagnostice, aniž by došlo k naměření odlišných hodnot než pomocí běžně používaných metod.

Teoretická část bakalářské práce se bude zabývat oblastí binokulárního vidění souvisejícím s konvergencí a jejími poruchami. V první kapitole popíši anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů, vliv funkce okohybných svalů na binokulární vidění, komplexní fungování binokulárního aparátu, akomodaci, konvergenci a jejich vztah. Ve druhé kapitole klasifikuji anomálie se vztahem k binokulárnímu vidění, konkrétně vergenční a akomodační poruchy. Ve třetí kapitole představím možnosti vyšetřenívergence obecně. Ve čtvrté kapitole představím Brockovo vlákno jako možnost diagnostiky vergenčních poruch na principu fyziologické diplopie a možnost zrakového tréninku vergenčních poruch v podobě zlepšení vergenční a akomodační facility a zlepšení spolupráce očí.

V experimentální části bakalářské práce bude na 50 probandech měřen blízký bod konvergence třemi zvolenými metodami. Nejprve metodou „free-space“ (metoda měření blízkého bodu konvergence, kterou měříme posunem hrotu propisovací tužky ve volném prostoru), poté metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a na závěr pomocí Brockova vlákna. Bude stanovena konkrétní metodika vyšetření blízkého bodu konvergence a sestaven protokol pro záznam naměřených dat. Závěr práce bude věnován analýze naměřených dat a jejich statistickému porovnání.

Cílem práce je porovnat detekční a kvantifikační vyšetření pomocí Brockova vlákna s obvyklými diagnostickými testy a zjistit, zda je možné metodu „free-space“, potažmo „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie nahradit měřením pomocí Brockova vlákna. Úkolem práce je též stanovit metodiku vyšetření, sestavit protokol a ověřit stanovené hypotézy.

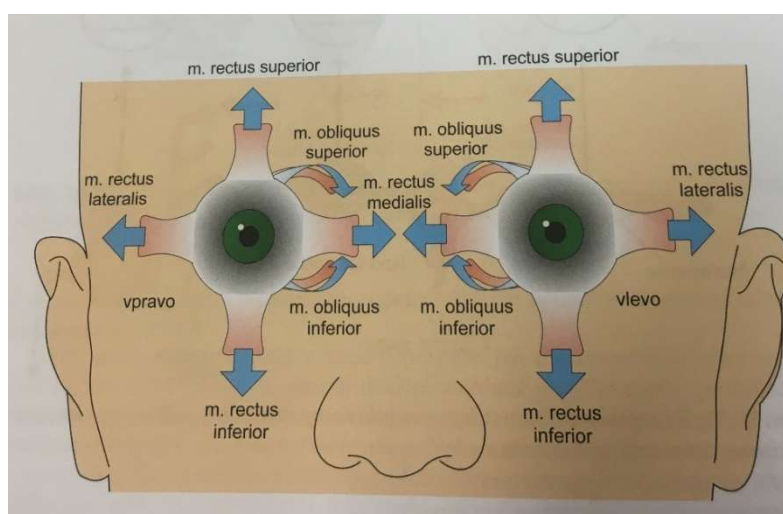
2. Anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů

2.1 Anatomická východiska

Zrakové ústrojí je složeno ze třech základních částí: periferní část, zraková dráha a zrakové ústředí. [1]

Oko je základní smyslový orgán nacházející se v očnici a je tvořen očním bulbem a přídatnými očními orgány. Oční bulbus je složen ze 3 základních anatomických vrstev: zevní vrstva, tunica fibrosa, jejíž přední segment je tvořen corneou a zadní segment tvořen sclerou. Střední vrstvu označujeme tunica vasculosa a je tvořena strukturami uvea, choroidea, corpus ciliare a iris. Vnitřní vrstva, tunica neurosa, je tvořena retinou, kterou dále dělíme na pars caeca retinae a pars optica retinae, které jsou odděleny ora serrata. Na celém procesu vidění se též podílí řada přídatných orgánů. Mezi ně řadíme očnicové svaly, vazivový aparát, víčka, spojivku a slzné ústrojí. [2], [3], [4]

Pro ostré vidění je potřeba, aby obraz pozorovaného objektu dopadal přímo do žluté skvrny na sítnici, což mimo jiné zajišťují oční pohyby. Tyto pohyby očního bulbu umožňují očnicové svaly. Tyto svaly dělíme do 2 základních skupin: příčně pruhované (okohybné) svaly a hladké svaly očnice. Okohybné svaly jsou svaly, které pohybují oční koulí. Jejich hlavní funkcí je primární postavení očí, doplněné o přidružené funkce závislé na pozici očí. Přímé okohybné svaly jsou čtyři: musculus rectus superior, musculus rectus inferior, musculus rectus medialis a musculus rectus lateralis. Šikmé okohybné svaly jsou dva: musculus obliquus superior a musculus rectus inferior. S okohybnými svaly také úzce spolupracuje musculus levator palpebrae, jehož funkcí je pohyb horního víčka. [2], [5], [6]



Obrázek 1 Oční pohyby a činnosti okohybných svalů [7]

Musculus rectus superior, musculus rectus inferior, musculus rectus medialis a musculus obliquus inferior jsou inervovány prostřednictvím třetího hlavového nervu (nervus oculomotorius, n. III). Musculus rectus lateralis je inervován prostřednictvím šestého hlavového nervu (nervus abducens, n. VI) a musculus obliquus superior je inervován prostřednictvím čtvrtého hlavového nervu (nervus trochlearis, n. IV). [8]

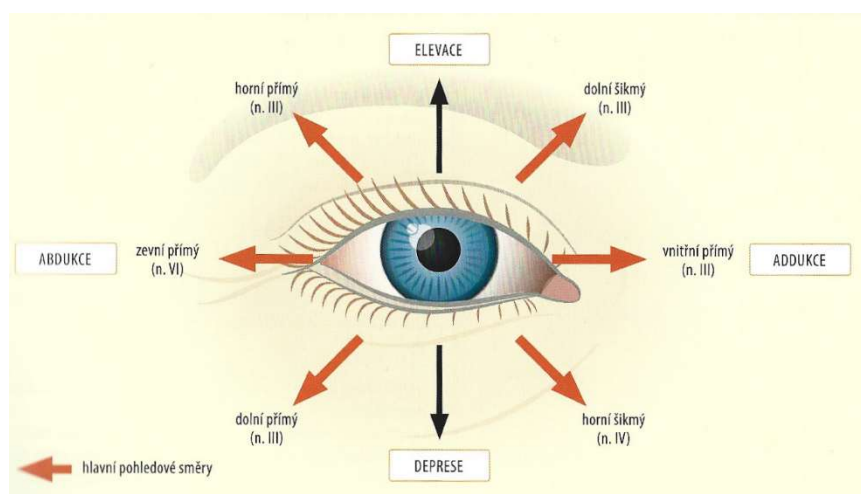
Okohybný sval	Latinský název	Zkratka	Inervace	Primární funkce	Přidružená funkce	Oblouk kontaktu	Testovací poloha
vnitřní přímý	m. rectus medialis	RM	n. III	addukce	–	6 mm	addukce
zevní přímý	m. rectus lateralis	RL	n. VI	abdukce	–	10 mm	abdukce
horní přímý	m. rectus superior	RS	n. III	elevace	addukce, intorze	6,5 mm	elevace v abdukci
dolní přímý	m. rectus inferior	RI	n. III	deprese	addukce, extorze	7 mm	deprese v abdukci
horní šikmý	m. obliquus superior	OS	n. IV	intorze	deprese, abdukce	12 mm	deprese v addukci
dolní šikmý	m. obliquus inferior	OI	n. III	extorze	elevace, abdukce	15 mm	elevace v addukci

Tabulka 1 *Funkce okohybných svalů a jejich inervace* [6]

2.2 Fyziologická východiska

Oko je v základní, primární poloze při vzpřímené poloze hlavy a při přímém pohledu vpřed. Během fixace oko vykonává malé pohyby tzv. mikrosakády. Jsou to nepravidelné rychlé pohyby, jejichž úkolem je návrat do primárního postavení očí. [2]

Následující klasifikace očních pohybů umožňuje komplexní pohyby očí. Tyto pohyby v následujících směrech označujeme jako sekundární. Jedná se o dukci (pohyb) jednoho oka kolem vertikální, horizontální a předozadní osy. Rozlišujeme pohyby vertikální – nahoru elevace, dolů deprese, dále pohyby horizontální – nasálně addukce, laterálně abdukce a pohyby rotační kolem předozadní osy – dovnitř intorze, zevně extorze. [2], [6]



Obrázek 2 *Hlavní pohledové směry* [6]

Dále se jedná o verzi, konjugované pohyby očí ve stejném směru, tedy pohyby pravolevé, pohyby nahoru a dolů a šikmé pohledové směry. V neposlední řadě se jedná o vergenci, tedy disjunktivní pohyby očí v opačném směru. Jedná se o konvergenci, neboli souměrné sbíhání os bulbů pro fixaci bližšího předmětu a divergenci, souměrné rozbíhání os bulbů pro fixaci vzdálenějšího předmětu. Kromě těchto tzv. volních pohybů očí, tedy pohybů ovlivnitelných vůlí, existují ještě pohyby mimovolní, vůlí neovlivnitelné. [6]

2.2.1 Motorická spolupráce očí

Na pohybu očí určitým směrem se dále podílí tzv. agonista – hlavní sval, který vykonává pohyb určitým směrem, antagonist – sval, který vykonává pohyb opačným směrem a synergista – sval, který spolupracuje na daném pohybu. Stejnostranný synergista je spolupracující sval stejného oka a druhostranný synergista, též nazývaný jako sval spřažený, spolupracuje na současném pohybu obou očí stejným směrem. [6]

2.3 Oční triáda

Aby při pohledu na blízký předmět zůstalo zachováno jednoduché binokulární vidění, nastává proces zvaný oční triáda, někdy též nazývaný jako synkinéza či akomodační reflex. Skládá se ze tří vzájemně propojených procesů – akomodace, konvergence a miózy. [2], [3]

2.3.1 Akomodace

Akomodace je schopnost oka vidět předměty ostře na různou vzdálenost. Její účinnost je ovlivněna schopností čočky měnit tvar a silou ciliárního aparátu. [1]

Rozmezí, ve kterém oko vidí ostře nazýváme akomodační oblast. Tuto oblast vymezuje blízký bod (punctum proximum) a daleký bod (punctum remotum). Tento proces nastává při pohledu na blízký předmět a je regulován parasymptikem. Dochází ke zvýšení refrakční hodnoty čočky, ke kontrakci musculus ciliaris, k uvolnění závěsného aparátu čočky a k jejímu vyklenutí. Poloha a rozsah akomodační oblasti závisí na refrakci a na akomodační šíři oka. Akomodační šíře vyjadřuje akomodační schopnost oka a závisí na elasticitě čočky. Její pružnost se s věkem snižuje a dochází tak k poklesu akomodační šíře. [1], [3], [9]

Akomodaci členíme na následující složky. Tonická akomodace je navozena klidovým napětím ciliárního aparátu a pohybuje se v hodnotách +0,75 dpt (+1,0 dpt). Reflexní akomodace je vyvolaná neostrým obrazem. Proximální akomodace je navozena odhadem vzdálenosti předmětu a vergenční akomodace je reakcí na konvergenci. [10]

2.3.2 Konvergence

S akomodací úzce souvisí i konvergence. Při pohledu na blízký předmět se oči sbíhají tak, aby paprsek dopadal na žlutou skvrnu na sítnici. [1]

Pro hodnocení konvergence zjišťujeme tzv. blízký bod konvergence (near point of convergence). Blízký bod konvergence je nejmenší vzdálenost, na kterou jsou oči schopny konvergovat a daný předmět vidíme jednoduše. Vzdálenost mezi blízkým a dalekým bodem konvergence označujeme jako oblast konvergence. Rozdíl blízkého a dalekého bodu označujeme jako šíři konvergence. Část konvergence mezi okem a nekonečnem nazýváme pozitivní konvergence a část konvergence za okem (ve skutečnosti divergence) nazýváme negativní konvergence. [1], [11]

U konvergence rozlišujeme následující složky. Zbytková vergence je anatomická pozice očí bez inervace, popisuje se jako lehce divergentní. Tonická vergence je vergence bez stimulu – udržuje fyziologické klidové postavení očí a popisuje se jako lehce konvergentní. Proximální vergence je reakce na stimul. Akomodační vergence je konvergence navozená akomodací. Poslední složkou je fúzní vergence, která je reakcí na disparátní zobrazení a je možné ji uměle navodit. Rozlišujeme pozitivní fúzní vergenci – konvergenci a negativní fúzní vergenci – divergenci. [9]

Konvergenci dělíme dle polohy fixovaného předmětu na symetrickou a asymetrickou. Symetrická konvergence nastává, leží-li fixovaný předmět ve střední rovině mezi osami vidění. Asymetrická konvergence nastává, leží-li fixovaný předmět mimo střední rovinu. [12]

Akomodace a konvergence jsou vzájemně propojené mechanismy. Při pohledu do blízka dochází k aktivaci akomodace i konvergence, naopak při pohledu do dálky dochází k uvolnění akomodace i konvergence.

Posledním souvisejícím procesem je mióza neboli zúžení zornic. Mióza je proces způsobený kontrakcí musculus sphincter pupillae, díky které dochází k zúžení svazku přicházejících paprsků, což usnadňuje vytvoření ostrého sítnicového obrazu. [1], [3]

2.4 Binokulární vidění

Binokulární vidění je vidění současně oběma očima za vzniku kvalitativně lepšího obrazu. Výsledný obraz je jednoduchý a je tvořen překrytím obou obrazů, spojením obrazů a v ideálním případě i prostorovým vjemem. Schopnost vnímat oběma očima za vzniku jednoduché obrazu nazýváme jednoduché binokulární vidění. Jednoduché binokulární vidění můžeme definovat jako koordinovanou senzomotorickou činnost obou očí, která spolu s fúzní činností zrakového centra vede k vytvoření jednoduchého prostorového vjemu. [9]

Jednoduché binokulární vidění rozdělujeme na 3 kvalitativní úrovně. Prvním stupněm binokulárního vidění je superpozice – překrytí obrazu pravého a levého oka. Druhým stupněm je fúze – schopnost spojit stejné obrázky pravého a levého oka za vzniku jednoho obrazu. Fúzi dále rozdělujeme podle rozsahu sítnice, kterým oba obrázky spojuje na: fúzi 1 – periferní, kdy obrázky spojujeme rozsahem větším než makula, fúzi 2 – makulární, kdy obrázky spojujeme rozsahem makuly a fúzi 3 – foveolární, kdy obrázky spojujeme foveou. Fúzi též členíme na motorickou – pomocí okulomotorických svalů a sensorickou – řízenou sensoricky ve zrakovém centru. Třetím stupněm binokulární vidění je superpozice – schopnost vytvořit prostorový vjem pomocí lehce disparátních míst. Prostorové body, které dopadají na korespondující místa sítnice tvoří pomyslnou

křivku. Tuto křivku nazýváme horopter. Body nacházející se v blízkosti horopteru, které vnímáme jako lehce disparátní, nazýváme Panumův prostor a pouze v těchto bodech je stereopse možná. [1], [9]

Podmínkou normálního jednoduchého binokulárního vidění jsou následující složky: složky senzorické – normální vidění obou očí, přibližně stejně velké sítnicové obrazy obou očí, společné vnímání oběma očima, normální funkce zrakové dráhy a zrakových center a složky motorické – paralelní postavení očí při pohledu do dálky, volná pohyblivost bulbů, souhra akomodace a konvergence a funkční motorické dráhy a motorická centra. [9], [10]

3. Binokulární anomálie

Správné fungování binokulárního vidění je ovlivněno řadou faktorů. Tyto faktory členíme do následujících skupin: anatomie zrakového aparátu, motorický systém – koordinace očí a smyslový systém – příjem a zpracování dvou monokulárních vjemů. Anomálie ve kterékoli z těchto skupin mohou způsobit potíže či úplnou neschopnost binokulárního vidění. [13]

3.1 Poruchy akomodace

Mezi poruchy akomodace řadíme insuficienci akomodace, paralýzu akomodace, exces akomodace, spasmus akomodace a infacilitu akomodace. [10]

Insuficience neboli nedostatečnost akomodace označuje presbyopické potíže vznikající před 40. rokem věku. Mohou být způsobeny nedostatečnou činností ciliárního svalu, nebo lentikulárního původu. Paralýza neboli obrna akomodace je stav zapříčiněný úrazy oka či dalšími onemocněními, například záškrt, diabetes, chřipka a další infekční choroby. Pro paralýzu akomodace bývá typická obrna zornic. [1], [11]

3.2 Poruchy vergence

Poruchy konvergence rozlišujeme na insuficienci konvergence, insuficienci divergence, exces konvergence, exces divergence, základní esofozii, základní exofozii a dysfunkci fúzních rezerv. [10]

Nejčastější binokulární anomálií je insuficience konvergence. Vyskytuje se u 3-5 % populace, nejčastěji u dětí předškolního věku, ale může se objevit i později či vzniknout následně po operaci strabismu. Insuficienci konvergence rozdělujeme na dva typy: oslabená konvergence a pravá insuficience konvergence. Oslabená konvergence je divergenční porucha charakteristická nízkým AC/A poměrem, nízkými fúzními rezervami a fixační disparitou. Typickým symptomem oslabené konvergence je větší exoforie do blízka než do dálky, případně ortoforie na dálku a exoforie na blízko, při normálním blízkém bodu konvergence. Pravá insuficience konvergence je porucha charakteristická normálním AC/A poměrem, normálními fúzními rezervami a ortoforií. Při této poruše je pacient neschopen konvergence na běžnou vzdálenost, jelikož blízký bod konvergence dosahuje nadměrně vysokých hodnot. [14], [15], [16], [17]

Další poruchou vergence je insuficience divergence. Insuficience divergence je konvergenční porucha, pro kterou je charakteristický nízký AC/A poměr. Typickým symptomem insuficience divergence je větší esofozie na dálku než do blízka. Tento stav bývá sdružen s myopií, častěji spíše získanou než vrozenou, ale její výskyt je možný i bez refrakční vady. Vyvíjí se pozvolna, většinou u mladistvých. Jelikož je v tomto věku již plně vybudováno binokulární vidění, bývá manifestovaná úchylka při pohledu do dálky doprovázená diplopií. [9], [14]

Exces konvergence je konvergenční porucha, pro kterou je typický vysoký AC/A poměr. Je charakteristický větší esofozií do blízka než do dálky, nízkými fúzními rezervami a fixační

disparitou. Bývá přítomen u nekorigované hypermetropie, překorigované myopie, počínající presbyopie či po cykloplegikách. [11], [14], [17]

Exces divergence je divergenční porucha, pro kterou je typický vysoký AC/A poměr. Je charakteristický větší exoforií do dálky než do blízka. Exces divergence je často doprovázen supresí. [14]

Pro základní esoforii je typický normální AC/A poměr. Základní esoforie je konvergenční porucha charakteristická esoforií do dálky i do blízka. [14]

Pro základní exoforii je typický normální AC/A poměr. Základní exoforie je divergenční porucha charakteristická exoforií do dálky i do blízka. [14]

Pro dysfunkci fúzních rezerv je typický normální AC/A poměr, nízké fúzní rezervy a minimální rozdíl mezi asociovanou a disociovanou forií. Dysfunkce fúzních rezerv je provázena ortoforií, či exoforií nebo esoforií do dálky i blízka. [14]

3.3 Strabismus

Fyziologicky správně fungující binokulární vidění nazýváme ortoforie. Při ortoforii se aktivní poloha očí neliší od polohy očí při použití disociace. Jako odchylky označujeme heteroforii a heterotropii. Heteroforie je stav, při kterém dochází k odchylce mezi aktivní polohou očí a polohou očí při disociaci. Pokud dochází k odchylce i bez disociace, nazýváme tento stav heterotropie. Při těchto odchylkách rozlišujeme, zda se jedná o úchylku komitantní či inkomitantní. Komitantní odchylka je stejná ve všech směrech pohledu na určitou vzdálenost fixace, inkomitantní úchylka se v závislosti na různé vzdálenosti mění. [13]

3.3.1 Heteroforie

Heteroforie neboli latentní strabismus či skryté šilhání je stav, který se projeví po zamezení fúze. Pokud po zamezení fúze dojde ke změně vzájemného postavení očí, jedná se o heteroforii. [1]

Heteroforii klasifikujeme dle směru na esoforii – konvergence zrakových os, exoforii – divergence zrakových os, hyperforii – jedna zraková osa je výše než druhá, hypoforii – jedna zraková osa je níž než druhá. Dále se můžeme setkat s cykloforií – rotace zrakových os, konkrétně pak rotace ven – excyklotorze a rotace dovnitř – incykloforie. [18]

Dále heteroforii členíme dle fixační vzdálenosti: heteroforie na dálku, vyšetřovaná na vzdálenost 6 metrů a heteroforie na blízko, obvykle vyšetřovaná na vzdálenost 35-40 centimetrů. [13]

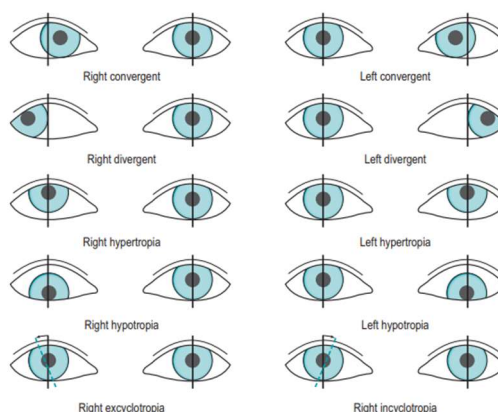
Poslední neméně důležité členění rozděluje heteroforii na kompenzovanou a dekompenzovanou. Přestože se heteroforie vyskytuje u značné části populace, u většiny z těchto případů ji považujeme za fyziologickou, jelikož se neprojevují žádné příznaky. Takovou heteroforii nazýváme kompenzovanou. Kompenzovaná forie je asymptomatická. Je při ní přítomno jednoduché binokulární vidění, normální fúzní rezervy, dobrá stereopse, není zde

přítomna fixační disparita ani suprese. Kompenzovaná forie nevyžaduje žádné řešení. Někdy se však heteroforie projeví různými symptomy, pak tuto formu nazýváme dekompenzovanou heteroforií. Dekompenzovaná forie je symptomatická a vyžaduje řešení. Jejimi symptomy mohou být astenopické potíže, potíže při práci do blízka, problém se změnou pohledu z blízka do dálky, či občasná diplopie především při únavě, případně suprese. Jednoduché binokulární vidění je narušeno, fúzní rezervy jsou slabé, stereopse je zhoršená nebo chybí. Je zde přítomna fixační disparita a může být přítomna suprese. Dekompenzovanou forii řešíme správnou sférocylindrickou korekcí, i v případě malých refrakčních vad, prizmatickou korekcí, případně sférickou korekcí. Jedním z možných řešení je též zrakový trénink, či kombinace uvedených metod. V krajních případech řešíme dekompenzovanou forii penalizací (zamlžením nedominantního oka), zamlžením obou očí, matovým sklem, případně úplnou okluzí. [10], [13]

3.3.2 Heterotropie

Heterotropie neboli manifestní či zjevné šilhání je stav, kdy se osy obou očí neprotínají v pozorovaném bodě a postavení očí při pohledu do dálky není rovnoběžné. Heterotropii klasifikujeme na konstantní a intermitentní. Konstantní heterotropie je přítomna za všech okolností, ve všech pohledových směrech, kdežto heterotropie intermitentní je přítomna pouze občasně. [1], [13]

Dále můžeme heterotropii klasifikovat podobně jako heteroforii – dle směru úchytky viz následující obrázek.



Obrázek 3 Klasifikace heterotropie dle směru úchytky [13]

Při šilhání zůstává obraz jednoho oka na foveole a obraz druhého oka je z ní vychýlen. Podle toho, kterým okem daný pacient fixuje, se pak jedná o jednostrannou heterotropii, to je případ, kdy pacient fixuje pouze jedním z očí. V opačném případě, kdy pacient střídá fixující oko se jedná o heterotropii alternující. [13]

3.4 Anizeikonie

Druhou skupinou binokulárních poruch je anizeikonie. Anizeikonie je nestejná velikost či tvar sítnicových obrazů obou očí. Anizeikonii členíme podle vzniku na fyziologickou, která vzniká při

periferním pohledu, nebo při rozdílných vzdálenostech a na nefyziologickou, která je součástí binokulárních poruch. Dle symetrie dělíme anizeikonii na symetrickou – celková, horizontální, vertikální, šikmá a na asymetrickou – celková, polštářovitá a sudovitá. Příčina anizeikonie může být optická – způsobená brýlovou korekcí, kterou může způsobovat anizometropie již od 1,25 dpt, kontaktními čočkami či nitrooční čočkou. Další příčina anizeikonie může být anatomická – způsobená anizometrií, rozdíly v délce oka, vzdáleností a velikostí fotoreceptorů očí či rozdíly v optickém systému. Dále anizeikonii členíme podle místa vzniku na makulární a periferní. Anizeikonie může způsobovat astenopické potíže, bolest hlavy, nauzeu, obtíže při čtení či poruchy binokulárního a prostorového vidění. Běžně je binokulární vidění možné do 5% rozdílu obrazů. Anizeikonie může způsobovat také supresi či diplopii. Suprese je stav, kdy dojde k potlačení obrazu jednoho z očí, umožňuje se tak bránit diplopii. Diplopie je stav, kdy obrazy fixovaného předmětu nedopadají na identické body na sítnici. Pro vyšetření anizeikonie se využívá diagnostická sada čoček size lens, Awaya test, eikonometr či polariovaný H test. Anizeikonii můžeme řešit anizeikonickými brýlovými čočkami, anizodistamčními brýlemi, posunem faze brýlových čoček, kontaktními čočkami či penalizací. [1] , [3]

3.5 Suprese

Suprese je stav, kdy dochází k útlumu informací, které přichází z části nebo z celé sítnice jednoho oka. Je adaptačním mechanismem na zhoršení či absenci binokulárního vidění. Nejčastější příčinou suprese bývá diplopie způsobená heterotropií, dekompenzovanou heteroforií, anisometrií, aniseikonií, amblyopií či slabou konvergencí. Supresi rozlišujeme na fyziologickou a na patologickou. Fyziologická suprese je zcela běžný jev, který brání fyziologické diplopii. Běžně je však potlačena. Fyziologickou diplopii lze demonstrovat například i pomocí Brockova vlákna. Obraz fixovaného předmětu vidíme jednoduše, jelikož je fúzován. Obraz předmětu, který vidíme periferně vnímáme jako dvojitý, jelikož zde k fúzi nedochází. Obraz fixovaného předmětu se totiž nachází v Panumově prostoru a obraz druhého předmětu, který vnímáme jako dvojitý se nachází mimo Panumův prostor. Supresi patologickou dále členíme na supresi při normálním binokulárním vidění a na supresi při binokulárních poruchách. Tato suprese může být úplná či částečná v závislosti na jejím rozsahu. Periferní suprese brání diplopii a centrální suprese brání konfúzi. Dále rozlišujeme, zda je suprese fakultativní, tedy nestálá či obligatorní, neboli dlouhotrvající. Můžeme se také setkat se supresí alternující, kdy se oči střídají dle toho, které zrovna fixuje. [13], [19]

Pro detekci suprese existuje mnoho metod. V této práci byl do dálky použit Worthův test s předloženým červeným filtrem před pravé oko a zeleným filtrem před levé oko. Pokud pacient viděl čtyři kolečka, jedná se o fúzi. Pokud viděl dvě červená kolečka, jedná se o supresi levého oka. Pokud viděl tři zelená kolečka, jedná se o supresi pravého oka. Též mohla nastat situace, kdy pacient viděl 5 znaků, to značí o přítomnosti diplopie. Na blízko byl pro hodnocení fúze použit Malletův test. K disociaci obrazu byly použity polarizační předsádky s lineární polarizací v pozici „V“. Tento test se skládá z prvků viditelných pouze pravým okem a z prvků viditelných pouze levým okem, na základě kterých můžeme hodnotit přítomnost suprese.

4. Metody vyšetření vergence

Binokulární vidění vyšetřujeme ve třech krocích. Prvním krokem je měření forií pomocí cover testů a stanovení AC/A a CA/A poměru. Ve druhém kroku hodnotíme pozitivní a negativní fúzní vergenci. Přímou metodou měříme vergenční facilitu, plynulou a skokovou vergenci. Nepřímým měřením stanovujeme pozitivní a negativní akomodaci a akomodační facilitu. Třetí krok se zabývá měřením NPC a testy na stereopsi. Vyšetření binokulárního vidění by mělo detekovat přítomnost anomálie, případně zvážit použití dalších testů pro sestavení komplexní diagnózy. [13], [14]

4.1 Cover testy

Cover testy neboli zakrývací testy slouží k posouzení vzájemného postavení očí a binokulární fixace. Tyto testy využíváme k vyšetření binokulárního statusu a umožňují stanovení ortoforie, heteroforie či heterotropie. Při rovnovážném postavení očí – ortoforii směřují osy fixace k jednomu fixačnímu bodu a při zakrytí oka, tedy při vyřazení fúze, nedochází k úchylce. [9]

4.1.1 Cover – uncover

Cover – uncover neboli intermitentní zakrývací test slouží k vyšetření heterotropie. Na několik sekund monokulárně zakrýváme a odkrýváme pravé oko, totéž opakujeme u oka levého. Sledujeme refixační pohyby oka právě odkrývaného oka. Pokud při zakrytí jednoho oka nevykoná druhé oko fixační pohyb, není zde tropie přítomna. Pokud po zakrytí jednoho oka vykoná druhé oko fixační pohyb temporálním směrem, jedná se o esotropii odkrytého oka, vykoná-li odkrývané oko pohyb nasálním směrem, jedná se o exotropii odkrytého oka. Pakliže dojde k pohybu odkrývaného oka směrem nahoru, jedná se o hypotropii, naopak při pohybu dolů se jedná o hypertropii odkrytého oka. [10], [20]

4.1.2 Cross – cover

Cross – cover neboli alternující zakrývací test slouží k vyšetření heteroforie. Zakrýváme střídavě pravé a levé oko a pozorujeme vyrovnávací pohyby právě odkrývaného oka. Heteroforie se hodnotí na podobném principu jako u výše uvedeného intermitentního zakrývacího testu. [10], [20]

4.2 AC/A poměr

AC/A poměr je akomodačně-konvergenční změna při změně akomodace. Udává, kolik prismatických dioptrií dokáže oko konvergovat na 1 dpt akomodace a slouží k diagnostice, případně korekci forií do blízka. AC/A poměr stanovujeme gradientní metodou s použitím Maddoxova cylindru či von Graefeho prizmatu v kombinaci s vhodným testem do blízka, nebo metodou početní s využitím znalostí pupilární distance, vyšetřovací vzdálenosti a forie do blízka i do dálky. Je též

možné určit AC/A poměr na základě porovnání forie do blízka a do dálky. Jako normální AC/A poměr označujeme 3/1 [pd/D]. Normální AC/A poměr může znamenat ortoforii, základní esofoorii, základní exofoorii, nebo dysfunkci fúzních rezerv. Nízký AC/A poměr znamená, že je konvergence ve vztahu k vyvolané akomodaci nepatrná. Nízký AC/A poměr může značit insuficienci konvergence či divergence. Vysoký AC/A poměr znamená, že je konvergence ve vztahu k vyvolané akomodaci nadměrná. Vysoký AC/A poměr může značit exces konvergence či divergence. [9], [10], [14], [15], [20], [21]

4.3 CA/A poměr

CA/A poměr je konvergenční akomodace při navození konvergence. Udává, kolik dpt dokáží oči akomodovat při konvergenci 1 pD. Jako normální CA/A poměr označujeme 1/10 [pd/D]. [9], [10]

4.4 Fúzní rezervy

Fúzní rezervy (FR) umožňují měření rozsahuvergence. Jsou rozděleny na pozitivní fúzní rezervy (PFR), negativní fúzní rezervy (NFR) a vertikální fúzní rezervy (VFR). Pozitivní fúzní rezervy poskytují informaci o rezervách konvergence a negativní fúzní rezervy o rezervách divergence. Pozitivní fúzní rezervy vyšetřujeme prizmaty bází ven, negativní fúzní rezervy bází dovnitř a vertikální fúzní rezervy nejprve pravé oko bází nahoru, poté levé oko bází dolů. [15], [22]

Fúzní rezervy charakterizují schopnost kompenzace heteroforií, umožňují odhad prizmatické korekce a hodnotí efektivitu zrakového tréninku. Rozsah fúzních rezerv se vyjadřuje v prizmatických dioptriích a stanovuje se pro různé směry tzv. disjunktivních pohybů očí. Fúzní rezervy se měří do dálky, ve vzdálenosti 5-6 metrů a do blízka, ve vzdálenosti 30-40 centimetrů. Při určování rozsahu pozitivních fúzních rezerv a negativních fúzních rezerv do blízka určujeme bod rozostření (blur point), bod rozdvojení (break point) a bod opětovného spojení (recovery point). K bodu rozostření (blur point) dochází na základě vztahu konvergenční akomodace navozené konvergencí (CA/A). Dojde ke stavu, kdy je konvergence, či divergence natolik velká, že vyšetřovaný není schopen daný předmět zaostřit. U negativních fúzních rezerv do dálky a vertikálních fúzních rezerv k bodu rozostření nedochází. K bodu rozdvojení (break point) dochází při přerušení fúze, kdy vyšetřovaný vnímá dva obrazy vzdálené od sebe. Při snižování prizmatické hodnoty dojde opět k navození fúze a opětovnému spojení obrazů (recovery point). [23], [24]

Následující tabulka uvádí normální hodnoty fúzních rezerv, u vertikálních fúzních rezerv dosahuje bod rozdvojení a opětovného spojení 2-4 pD.

	Pozitivní fúzní rezervy	Negativní fúzní rezervy
Dálka (5-6 m)	Bod rozmazání: 12-16 pD	Bod rozmazání: nenastává
	Bod rozdvojení: 18-22 pD	Bod rozdvojení: 6-12 pD
	Bod opětovného spojení: 14-18 pD	Bod opětovného spojení: 4-8 pD
Blízko (30-40 cm)	Bod rozmazání: 20-28 pD	Bod rozmazání: 6-10 pD
	Bod rozdvojení: 26-34 pD	Bod rozdvojení: 12-18 pD
	Bod opětovného spojení: 22-30 pD	Bod opětovného spojení: 8-14 pD

Tabulka 2 Normální hodnoty fúzních rezerv [23]

Pro odhad prizmatické korekce využíváme Sheardovo a Percivalovo kritérium. Jako hodnota fúzních rezerv se používá bod rozdvojení (break point). [23]

4.5 Blízký bod konvergence

Blízký bod konvergence (near point of convergence) je nejbližší vzdálenost, na kterou jsou oči schopny konvergovat. Blízký bod konvergence pacient vnímá subjektivně jako rozdvojení, objektivně dochází k přerušení fixace. [13]

Blízký bod konvergence je jeden z nejdůležitějších diagnostických parametrů binokulárního vidění a je zásadním při diagnostice insuficience konvergence.

Blízký bod konvergence standardně měříme metodou „free-space“ od vnějšího kantu. Pacient fixuje předmět (hrot propisovací tužky), který pomalu přibližujeme konstantní rychlostí ze vzdálenosti 50 cm, nebo z takové vzdálenosti, kde předmět ještě vidí jednoduše. Přibližujeme do té doby, než dojde k rozdvojení obrazu či k přerušení fixace. Změříme tento bod a oddalujeme předmět do opětovného spojení. Tento bod opět zaměříme a zaznamenáme. První hodnota udává rozdvojení obrazu (break point), jedná se o tzv. pozitivní fúzní vergenci. Druhá hodnota udává opětovné spojení obrazu (recovery point) a mluvíme zde o tzv. negativní vergenci. [13], [18], [20]

Normy blízkého bodu konvergence se v různé literatuře liší v závislosti na metodách provedého výzkumu. V následující tabulce jsou uvedeny očekávané hodnoty blízkého bodu konvergence. Je však třeba počítat s faktory ovlivňující blízký bod konvergence jako je fúzní konvergence, akomodační konvergence, proximální konvergence, AC/A poměr a změny blízkého bodu konvergence v závislosti na věku pacienta. [25]

Autor literatury	NPC break point	Fixační bod
Burian and von Noorden	8-10 cm	nespecifikován
Duke-Elder	10 cm	nespecifikován
Griffin and Grishman	8 cm	detailní akomodační objekt
Grosvenor	8 cm	svítilna
Pickwell	10-15 cm	jakýkoli vhodný objekt
Scheiman and Wick	5-7 cm	akomodační objekt
Evans	Menší než 8 cm	

Tabulka 3 *Normy hodnot blízkého bodu konvergence* [13], [25]

Blízký bod konvergence nemusí vždy korelovat s blízkým bodem akomodace, jelikož akomodace je závislá na věku pacienta. [16]

4.6 Blízký bod akomodace

Blízký bod akomodace (near point of accommodation) je nejbližší vzdálenost, na kterou jsou oči schopny ještě akomodovat. Přibližujeme text či Duanovu značku do rozmlžení obrazu, tzv. blur point. Měří se monokulárně i binokulárně od vrcholu od rohovky. Na rozdíl od blízkého bodu konvergence je blízký bod akomodace závislý na věku. [10], [13]

5 Detekční a kvantifikační využití Brockova vlákna

5.1 Brockovo vlákno

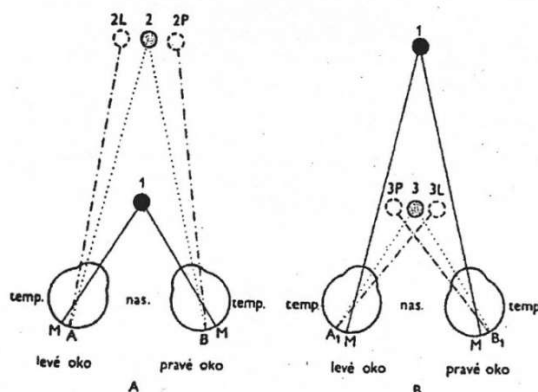
Brockovo vlákno je vyšetřovací pomůcka založená na principu fyziologické diplopie. Brockovo vlákno se skládá z bílého provázku, na který jsou navlečeny tři barevné korálky, které slouží jako pohyblivé fixační body. Nejčastěji používanými barvami korálek jsou zelená, žlutá a červená.



Obrázek 4 Brockovo vlákno [26]

Pokud obrazy pozorovaných předmětů dopadají na korespondující místa na sítnici, vidíme tento obraz jednoduše. Dopadají-li na disparátní místa na sítnici, jeví se tento obraz jako dvojitý. Jelikož by takové vidění bylo nekomfortní, dokážeme se na tento stav adaptovat a soustředit se pouze na podněty dopadající do blízkosti foveoly. Tento stav nazýváme fyziologická diplopie a je běžnou součástí jednoduchého binokulárního vidění. [9], [13]

Přestože bývá fyziologická diplopie běžně potlačena, je možné ji uměle navodit. Fyziologickou diplopiu můžeme navodit pomocí dvou tužek. Tužky umístíme svisle před pacienta ve vzdálenosti 30 cm od sebe. Při sledování přední tužky se zadní tužka rozdvojí (nezkřížená diplopie), při sledování zadní tužky se přední tužka rozdvojí (zkřížená diplopie). Při nezkřížené diplopii se promítnou objekty nazálně od makuly, obraz předmětu tedy vnímáme pravým okem vpravo a levým okem vlevo. Při zkřížené diplopii se zobrazí body na sítnici temporálně od makuly, obraz předmětu vnímáný pravým okem pozorujeme vlevo a obraz vnímáný levým okem pozorujeme vpravo. Fyziologickou diplopiu je možné podobným způsobem jako pomocí tužek navodit i pomocí Brockova vlákna. [9], [11], [13], [27]

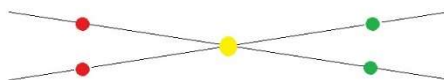


Obrázek 5 Zkřížená a nezkřížená diplopie [27]

(A – nezkřížená diplopie, B – zkřížená diplopie)

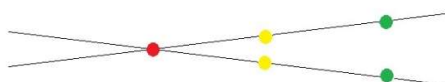
5.2 Diagnostika pomocí Brockova vlákna

Jeden konec provázku je přivázán několik metrů od pacienta, druhý konec je držěn u nosu pacienta. Zelený korálek umístíme do čtecí vzdálenosti klička (s ohledem na blízký bod konvergence), žlutý do vzdálenosti 80 cm a červený do vzdálenosti 150 cm od pacienta. Pokud pacient fixuje žlutý korálek, vidí Brockovo vlákno ve tvaru písmene X, zelený a žlutý korálek vidí dvojitě. [26], [28], [29]



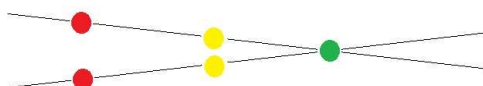
Obrázek 6 *Fixace žlutého korálku* [26]

Pokud pacient fixuje červený korálek, vidí Brockovo vlákno ve tvaru písmene A a zelený a žlutý korálek vidí dvojitě. [26]



Obrázek 7 *Fixace červeného korálku* [26]

Pokud pacient fixuje zelený korálek, vidí Brockovo vlákno ve tvaru písmene V a žlutý a červený korálek vidí dvojitě. [26]



Obrázek 8 *Fixace zeleného korálku* [26]

Brockovo vlákno slouží k určení přítomnosti fyziologické diplopie, diplopie, suprese či skotomu a k měření blízkého bodu konvergence. Je též významnou pomůckou při zrakovém tréninku.

6 Zrakový trénink

Zrakový trénink je jedna z možností řešení binokulárních obtíží. Zrakový trénink je vhodný pro léčbu vergenčních poruch, včetně heteroforií, pro léčbu heterotropií a pro zlepšení vztahu akomodace a konvergence. Zrakový trénink není vhodný pro léčbu akomodační paralýzy. Jelikož akomodace úzce souvisí s konvergencí, při zrakovém tréninku vždy trénujeme akomodaci i konvergenci. Obecně je zrakový trénink účinnější u exoforie, jelikož je jednodušší trénovat konvergenci. U esoforie je využívanější prismatická korekce, ale ani zde není zrakový trénink vyloučen. [10], [30]

Zrakový trénink probíhá po dobu minimálně tří, maximálně šesti měsíců. Postup zrakového tréninku je následující: po uplynutí jednoho měsíce rozhodujeme, zda má smysl ve tréninku pokračovat, po uplynutí třech měsíců zvažujeme efektivitu tréninku a po půl roce by měly být vidět výsledky tréninku. Následně pacient pokračuje v udržování výsledného stavu. [10]

Pro zrakový trénink je důležité znát blízký bod konvergence a blízký bod akomodace. Dále je velmi důležité ověřovat fyziologickou diplopii a kontrolovat, zda nedochází k supresi.

První zmínky o zrakovém tréninku sahají do počátku 19. století., kdy francouzský oftalmolog Javal popsal možnosti nechirurgické korekce strabismu. Tyto poznatky se podobaly dnešnímu oboru ortoptika. Za zakladatele zrakového tréninku se považuje anglický oftalmolog Claud Worth, který vynalezl oftalmoskop. Na počátku 20. století byla zavedena první ortoptická cvičení americkým oftalmologem Wellsem, který rozšířil zrakový trénink nejen o léčbu strabismu. V roce 1928 Skeffington a Peckham popsali postup léčby binokulárních potíží a společně s Alexanderem založili společnost Optometric Extension Program Foundation (OEPF). Optometric Extension Program Foundation je dodnes fungující společnost, zabývající se výzkumem a vzděláváním v oblasti zraku a klinické péče. V roce 1940 byl navržen postup zrakového tréninku metodou „free space“, která se začala využívat pro děti předškolního věku. Koncem 70. let byla napsána první příručka týkající se zrakového tréninku. Rok poté byla založena škola College of optometrists in vision development (COVD), spojující optometry, zrakové terapie a další zrakové specialisty. V roce 1976 byla vydána první odborná literatura týkající se zrakového tréninku. Následně se začaly rozvíjet další metody zrakového tréninku, včetně tréninku pomocí Brockova vlákna, založeného švýcarským optometristou Frederickem Brockem. [31], [32], [33]

6.1 Metody zrakového tréninku

6.1.1 „Free space“

„Free space“ je nejzákladnější metoda zrakového tréninku. Tato technika se provádí ve volném prostoru bez použití přístrojů či filtrů. Princip „free space“ metody spočívá ve fyziologické diplopii. Cvičení fyziologické diplopie je základní dovedností pro další kroky zrakového tréninku. „Free space“ technika je založena na změně akomodace, při dané konvergenci (divergenci). Umožňuje trénink případné suprese, heteroforií či problémů se změnou pohledu na blízký a vzdálený předmět. Jednou z nejpoužívanějších metod „free space“ je „pencil push-ups“. Pacient fixuje hrot

propisovací tužky ve vzdálenosti 50 cm. V této vzdálenosti dochází k uvolnění konvergence a k zapojení akomodace. Pacient vnímá obraz v nezkříženém pohledu. Toto cvičení slouží k posílení negativních fúzních rezerv, divergence a pozitivní relativní akomodace. Následně posouváme hrot propisovací tužky blíž k pacientovi, dokud nedojde k rozdvojení obrazu. Posunem hrotu propisovací tužky dojde k uvolnění akomodace a k navození konvergence. Pacient vnímá obraz ve zřížené pozici. Cvičení konvergence slouží také k posílení pozitivních fúzních rezerv a negativní relativní akomodace. Dalšími „free space“ metodami je trénink pomocí Brockova vlákna a metoda „tři kočky“.

[34]

6.1.2 Brockovo vlákno

Brockovo vlákno je pomůcka pojmenovaná po švýcarském optometristovi Fredericku Brockovi. Frederick Brock se zabýval různými pomůckami uplatňujícími se při zrakové terapii. Frederick Brock získal pozornost médií po úspěšném zrakovém tréninku neurovědkyně Susan R. Barry, která díky zrakovému tréninku získala stereopsi v dospělém věku. Podařilo se tak vyvrátit domněnku, že stereopsi nelze získat po ukončeném vývoji binokulárního vidění. [31], [32]

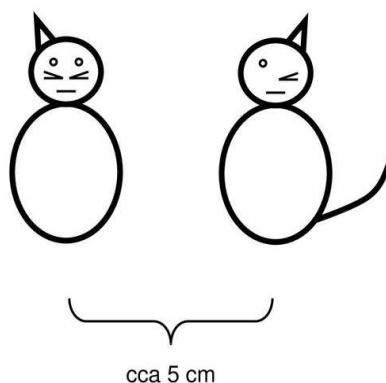
Zrakový trénink pomocí Brockova vlákna slouží k tréninku konvergence a suprese. Jelikož konvergence je v přímém vztahu s akomodací, vždy trénujeme i akomodaci. Cílem zrakového tréninku konvergence je přiblížit blízký bod konvergence. [10]

Brockovo vlákno o délce 2-3 metry uvážeme ke vzdálenému předmětu, vhodné je využít kliku dvěří. Na konec provázku umístíme nejvzdálenější korálek. Prostřední korálek umístíme do vzdálenosti 30-60 centimetrů od pacienta. Nejbližší korálek umístíme do takové vzdálenosti, která je závislá na blízkém bodu konvergence, respektive přítomnosti suprese. Konec provázku je držen u nosu pacienta. Při cvičení začíná pacient fixovat nejbližší korálek, provázku za ním by měl pacient vnímat ve tvaru písmene „V“. Dále pokračuje fixací na střední korálek. Provázek by měl vnímat zkříženě, ve tvaru písmene „X“. V posledním kroku pacient fixuje nejvzdálenější korálek a provázek by měl vnímat ve tvaru písmene „A“. Při supresi posuneme vlákno na stranu oka, které suprimuje. Důležité je při tomto cvičení kontrola fyziologické diplopie. Pomocí tohoto tréninku lze trénovat konvergenci, divergenci, akomodaci, forie, supresi a fúzní rezervy. Zrakový trénink pomocí Brockova vlákna se nejčastěji využívá jako terapie pro léčbu insuficience konvergence. [21], [24], [30], [32]

6.1.3 „Tři kočky“

Metoda „tři kočky“ se využívá při tréninku esoforie a exoforie. Využíváme karton a průhlednou fólii, na každé z nich jsou dva neúplné obrázky koček (viz obrázek). Kočky se nachází na středu karty a jsou od sebe vzdáleny 5 cm. Při splynutí obrazů získáme kompletní obrázek. Pro kompletní obrázek je třeba obraz obou očí, tak kontrolujeme, že nedochází k supresi. Při tréninku exoforie se využívá karton. Je umístěn do vzdálenosti 40 cm před vyšetřovaného, mezi vyšetřovaného a karton je umístěna propisovací tužka. Vyšetřovaný fixuje hrot propisovací tužky a obrázky koček se zobrazí ve fyziologické diplopii, tedy vidí čtyři nekompletní kočky. Cílem je posouvat propisovací tužku tak, aby došlo ke spojení obrazů prostředních dvou koček. Z každé strany bude jeden obraz

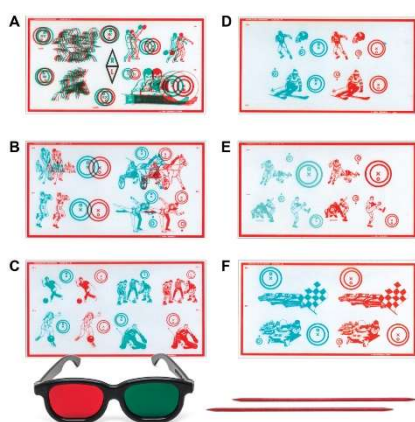
nekompletní kočky. Tedy uvidí dohromady tři kočky. Toto cvičení slouží k tréninku negativní relativní akomodace. Při tréninku esoforie využíváme průhlednou fólii. Průhledna fólie je vzdálena 30 cm od vyšetřovaného. Vyšetřovaný fixuje vzdálený předmět a vidí čtyři nekompletní obrazy koček. Posouvá fólii tak, aby došlo ke spojení obrazů prostředních koček. Toto cvičení slouží k tréninku pozitivní relativní akomodace. [13], [34]



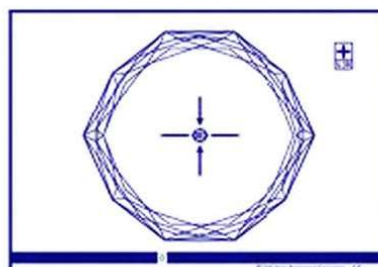
Obrázek 9 *Tři kočky* [34]

6.1.4 Tranaglyfy a vektogramy

Tranaglyfy jsou párové anaglyfní obrázky. K disociaci obrazů se využívají červeno-zelené filtry. Před pravé oko je umístěn červený filtr, před levé oko zelený filtr. Obrázky jsou umístěny na posuvné průhledné fólii. Posunem obrázků se zvětšuje separace obrazu. Cílem je spojit obrázky do jednoho vjemu. Vektogramy jsou párové polarizované obrázky. K disociaci obrazů slouží polarizační předsádky. Obrázky jsou umístěny na pevné fólii, překryty polarizační fólií. Cílem zrakového tréninku pomocí tranaglyfů a vektogramů je trénink fúznívergence. [10], [13]



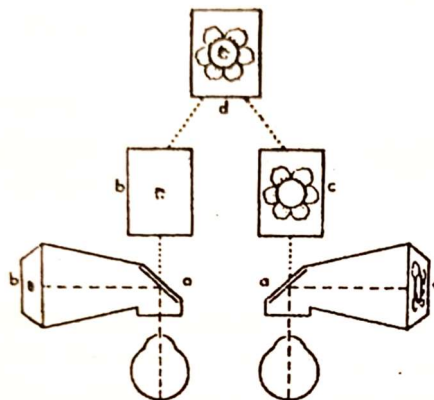
Obrázek 10 *Tranaglyfy* [10]



Obrázek 11 *Vektogramy* [10]

6.1.5 Stereoskop

Stereoskop či synoptofor, dříve nazývaný též jako troposkop je jedním z nejdůležitějších přístrojů pro ortoptická cvičení. Slouží k diagnostice i k léčbě strabismu, tréninku šíře fúze, stereopse a fúzních rezerv. Je založen na principu disociace pravého a levého oka. Stereoskop se vyznačuje největší disociací ze všech používaných nástrojů sloužících ke zrakovému tréninku. Do dvou oddělených tubusů se vkládají diapozitivy, na nichž jsou dva neúplné obrázky. Obrázky jsou rozděleny do třech skupin, dle stupňů binokulárního vidění. Rám diapozitivu pro hodnocení a trénink simultánního vidění a superpozice je červený, pro určení fúze zelený, a pro stereopsi žlutý. Součástí stereoskopu jsou plusové čočky o hodnotě 7-8 dpt, které slouží k uvolnění akomodace. Pro trénink superpozice jsou do stereoskopu umístěny dva obrázky, vyšetřovaný se snaží tyto dva obrázky překrýt. Pro trénink fúze se do stereoskopu vkládají obrázky různých velikostí. Velikost obrázků je rozdělena podle rozsahu fúze na paramakulární, parafoveolární a foveolární. Cílem cvičení je tyto dva obrázky spojit do jednoho. Ramena stereoskopu jsou pohyblivá, což umožňuje zvyšovat či snižovat disociaci obrazu. Synoptofor umožňuje trénink šíře fúze v horizontálním, vertikálním a torzním směru. Při cvičení vždy trénujeme fúzi v opačném směru, než je směr úchylny. Při tréninku stereopse vkládáme do synoptoforu stereoptické obrázky. Vyšetřovaný se snaží lokalizovat tyto obrázky, či jejich jednotlivé části v prostoru. Důležité je při hodnocení odečíst velikost úchylny. [27]



Obrázek 12 Synoptofor [27]

7 Experimentální část

7.1 Úvod experimentální části

V praktické části bakalářské práce budou měřeny hodnoty blízkého bodu konvergence pomocí Brockova vlákna a pomocí metody „free-space“. Cílem bude zjistit, zda je možné nahradit vyšetření blízkého bodu konvergence Brockovým vláknem. V následující části bude podrobně představena metodika výzkumu, stanoveny hypotézy a představeny výsledky měření. Závěr výzkumu bude věnován diskuzi.

Měření experimentální části probíhalo od začátku března do poloviny dubna 2023 ve vyšetřovně optiky Fielmann v Praze na Zličíně. Měření probíhalo za standardních podmínek, při osvětlení 1220 luxů. Při měření Maddoxovým cylindrem probíhalo měření při osvětlení 10 luxů. Během měření byla dodržena standardní vyšetřovací vzdálenost.

Experimentu se účastnilo 50 náhodně vybraných osob. Jednalo se především o zákazníky optiky Fielmann ve věku od 18 do 30 let a o studenty Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT ve věku od 18 do 25 let. Do výsledků byly zahrnuty obě tyto skupiny.

7.2 Metodika

Úvodní část vyšetření byla zaměřena na anamnézu pacienta, která hraje důležitou roli při diagnostice vergenčních a akomodačních poruch. Tato část obsahovala oční, celkovou a rodinnou anamnézu. Oční anamnéza zjišťovala především informace o předchozí korekci, historii binokulárního vidění, amblyopii a strabismu. Dotazovala se též na různá oční onemocnění, operace a úrazy. Celková anamnéza zjišťovala onemocnění mající vliv na binokulární vidění, konkrétně diabetes mellitus, poruchy štítné žlázy, hypertenze či užívání některých léků. Rodinná anamnéza cílila na informace o dědičných onemocněních, která by mohla hrát roli při stanovení diagnózy.

Další částí vyšetření bylo stanovení objektivní refrakce na autorefrakto-keratometru Oculus/Nidek ARK-F a změření naturálního visu pomocí projekčního optotypu od firmy Oculus. Optotyp byl umístěn ve vyšetřovací vzdálenosti 3 metry s použitím zrcadla. Pokud již pacient nosil brýlovou korekci, byla ověřena pomocí fokometru Oculus/Nidek LM-1800p. Následně byl změřen habituální visus. Tato data posloužila k odhadu refrakčního deficitu a jako orientace při stanovení subjektivní refrakce.

Subjektivní refrakce byla měřena pomocí foropteru Oculus/Nidek TS-610 a brýlové skříně se zkušební obrubou, jejíž inklinace byla nastavena na 0° a vertex distance (pupilární vzdálenost) na 12 mm. Pupilární distance (vzdálenost zornic) a výška byly nastaveny dle individuálních parametrů

pacienta. Nejprve byla stanovena nejlepší sférická korekce, následně byla stanovena osa a hodnota astigmatismu pomocí Jacksonova zkříženého cylindru $\pm 0,25$ nebo $\pm 0,5$ dpt a bodového testu.

Binokulární vyvážení bylo měřeno pomocí třířádkového testu za binokulárního zamlžení $+0,5$ dpt. K disociaci obrazu byly použity polarizační předsádky s lineární polarizací v pozici „V“.

Dále následovalo hodnocení binokulárního statusu pacienta. K hodnocení vergenčního systému bylo použito několik testů. Jednalo se především o cover-testy hodnotící ortoforii, heteroforii, potažmo heterotropii. Intermitentním cover-testem byla hodnocena heterotropie, alternujícím cover-testem byla měřena heteroforie. Tyto testy byly naměřeny na dálku i na blízko. Pro hodnocení stavu fúze byl použit anaglyfní Worthův test s použitím barevných filtrů. Před pravé oko byl předkládán červený filtr, před levé oko zelený filtr. Dále byl použit test na hodnocení stereopse. Motilita byla kontrolována pomocí hrotu propisovací tužky opsáním základních směrů ve tvaru písmene „H“.

Stěžejním bodem experimentální části bylo hodnocení blízkého bodu konvergence. Zde jsem se zabývala otázkou, zda měřit blízký bod konvergence s korekcí či bez korekce. Obecně vhodnější se jeví měření blízkého bodu konvergence s korekcí, jelikož při nedostatečné korekci u myopů docházelo ke zvýšené akomodaci a tedy i k nadměrné konvergenci, naopak u hypermetropů se při nedostatečné korekci zvyšovalo riziko esoforie. Přesto byla většině případů měřena bez korekce, jelikož docházelo ke značnému omezení zorného pole způsobeného zkušební obrubou a nižší hodnoty blízkého bodu konvergence tak nebylo možné změřit. U pacientů, kteří již nosili vlastní korekci, bylo vyšetření provedeno také s touto korekcí. Při tomto vyšetření byly použity dvě základní metody. Pro metodu „free-space“ sloužil jako fixační bod hrot propisovací tužky, který byl pomalu přibližován konstantní rychlostí ze vzdálenosti 50 cm, nebo z takové vzdálenosti, kde byl ještě předmět viděn jednoduše do té doby, než došlo k rozdvojení obrazu či k přerušení fixace. Následně byl předmět oddalován do opětovného spojení obrazu. Oba tyto body byly změřeny a zaznamenány. První hodnota udává rozdvojení obrazu (break point), jedná se o tzv. pozitivní fúzní vergenci. Druhá hodnota udává opětovné spojení obrazu (recovery point) a mluvíme zde o tzv. negativní vergenci. Tato metoda byla též měřena s druhým fixačním objektem, jímž byl hrot propisovací tužky kontrastní barvy, pomocí kterého byla kontrolována fyziologická diplopie.

Druhá metoda využívala Brockovo vlákno a jako fixační bod sloužily jednotlivé korálky. První korálek byl pohyblivý a určoval tak bod rozdvojení (break point) a bod opětovného spojení (recovery point), druhý korálek byl umístěn ve vzdálenosti 50 cm a sloužil pro kontrolu fyziologické diplopie. Při obou těchto metodách byla vzdálenost měřena od vnějšího kantu pomocí pravítka. Během vyšetření bylo kontrolováno vzájemné postavení očí a ověřovány případné odchylky fixace. V závěru byli pacienti dotázováni na subjektivní pocity během měření jednotlivými metodami. Blízký bod akomodace byl měřen nejprve monokulárně, poté binokulárně na Duanově znaku a měřen pomocí pravítka od vrcholu rohovky.

V závěru měření proběhlo vyšetření horizontální a vertikální asociované forie na ručičkovém testu s lineární polarizací v pozici „V“. a vyšetření horizontální a vertikální disociované forie za použití Maddoxova cylindru předloženého před pravé oko a bodového zdroje světla. Výsledná hodnota prizmatické korekce byla přepočítána za využití Maddoxových pravidel. Jelikož jsou tato pravidla pouze orientační, výsledná hodnota prizmatické korekce byla doporučena především na základě asociované forie. Obě tyto forie byly též měřeny i na blízko ve vzdálenosti 40 cm pomocí vyšetřovací jednotky do blízka Oculus NV-100. Asociovaná forie byla měřena na Mallettově testu a disociovaná forie na Thoringtonově testu.

Pro záznam výše uvedené metodiky byl vytvořen prokol. (příloha A)

7.3 Hypotézy

Na základě výše popsané metodiky předpokládám, že je možné nahradit vyšetření blízkého bodu konvergence metodou „free space“ vyšetřením za pomoci Brockova vlákna. Předpoklad není podložen žádným realizovaným výzkumem, jelikož žádný výzkum porovnávající tyto metody vyšetření blízkého bodu konvergence nebyl doposud proveden.

Při stanovení hypotéz jsem se opírala o výzkum „The distribution of near point of convergence and its association with age, gender and refractive error“ provedený v roce 2017 na Mashhad University of Medical Sciences v Íránu. Tato studie se zabývala normálními hodnotami blízkého bodu konvergence v populaci. Této studii se účastnilo 120 respondentů z města Mashhad ve věku 10-86 let a práce se tak stala první studií zahrnující respondenty presbyopického věku. Porovnávala vztah blízkého bodu konvergence s věkem, pohlavím a refrakčními vadami. Výsledkem této práce bylo zjištění, že blízký bod konvergence roste lineárně s věkem. Naopak se ukázalo, že refrakční vada a pohlaví nehraje v hodnotách blízkého bodu konvergence zásadní roli. [25]

Jelikož pro tuto práci byli měřeni respondenti ve věku 18-30 let, blízký bod konvergence by se v závislosti na věku neměl zásadně měnit. Toto tvrzení potvrzuje studie „Normative data for near point of convergence, accommodation and phoria“ provedená v Indii, která uvádí, že rozdíl mezi blízkým bodem konvergence u skupiny respondentů 19-27 let v porovnání se skupinou respondentů ve věku 28-35 let nebyl významný. [35]

Další studie „Differences in the near point of convergence with target type“ provedená J. Siderovem v roce 2001 zkoumala, zda použití různých fixačních cílů ovlivňuje měření blízkého bodu konvergence. Měření probíhalo na skupině 38 probandů, 14 probandů bylo presbyopických a 14 nepresbyopických. Porovnávala měření mezi špičkou tužky, prstem a pravidlem RAF („Royal Air Force rule“). Pravidlo Kralovského letectví („Royal Air Force rule“) je metoda měření blízkého bodu konvergence, při které se využívá akomodační pravítko. U presbyopické skupiny se ukázalo, že hodnoty break a recovery pointu jsou nezávislé na fixačním cíli. U nepresbyopické skupiny se ukázalo, že break point u RAF byl blíže než špička tužky nebo prst. Avšak ani u nepresbyopické populace nejsou tyto rozdíly klinicky významné. [36]

Na základě výše uvedené rešerše jsem vybrala respondenty pro tuto práci a stanovila následující 3 hypotézy, u kterých nejprve potvrdím, či vyvrátím platnost nulových hypotéz.

Stanovuji nulovou hypotézu:

Hypotéza H0

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ a pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou srovnatelné a zároveň měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie je srovnatelné s měřením pomocí Brockova vlákna.

Stanovuji alternativní hypotézy:

Hypotéza H1

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie.

Hypotéza H2

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.

Hypotéza H3

Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.

Dále tato práce stanovuje průměrné hodnoty blízkého bodu konvergence u nepresbyopické populace ve věku 18-30 let a tyto hodnoty následně porovnává s očekávanými hodnotami dle literatury.

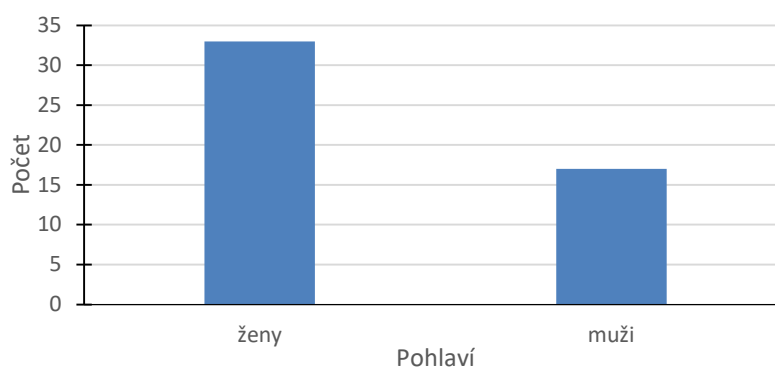
7.4 Výsledky

V této kapitole budou uvedeny a shrnuty výsledky mého měření. Nejprve představím rozložení probandů dle věku, pohlaví a jejich zastoupení dle refrakčních vad. Pro záznam hodnot refrakčních vad bude použit sférický ekvivalent. Dále budu statisticky porovnávat blízký bod konvergence měřený metodou „free-space“ a blízký bod konvergence měřený metodou „free-space“ s použitím druhé propisovací tužky pro kontrolu fyziologické diplopie. Tato metoda bude následně porovnávána s vyšetřením Brockovým vláknem, včetně metody s ověřováním fyziologické diplopie. Ke každé metodě budou uvedeny průměrné naměřené hodnoty bodu rozdvojení (break point) a bodu opětovného spojení (recovery pointu). Tyto metody budou následně statisticky

porovnány. V závěru experimentální části budou znázorněny preference a subjektivní pocity pacientů při jednotlivých metodách.

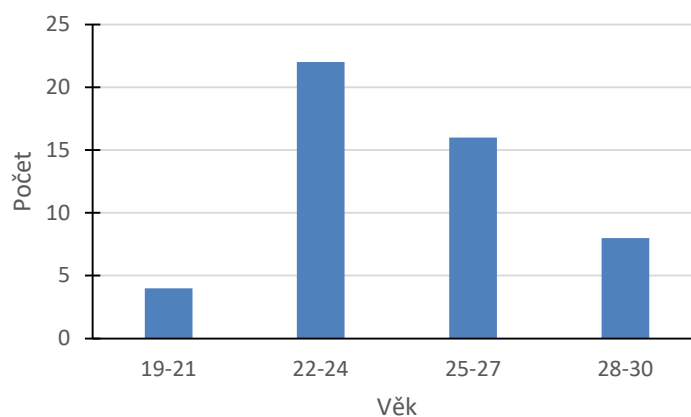
7.4.1 Analýza vzorku

Celkem se experimentu účastnilo 50 osob, 33 žen a 17 mužů ve věku od 19 do 30 let. Průměrný věk probandů byl 24,4 let a se směrodatnou odchylkou 2,73. Na následujícím obrázku č.9 je graficky znázorněno rozložení vzorku dle pohlaví.



Obrázek 13 Graf rozložení probandů dle pohlaví

Na následujícím obrázku č. 10 je graficky znázorněno rozložení probandů dle věku.



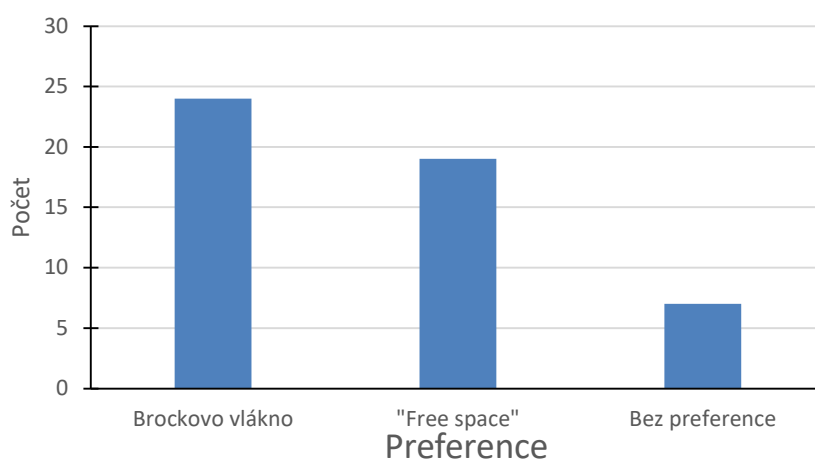
Obrázek 14 Graf rozložení probandů dle věku

Refrakční deficit vzorku se pohyboval od -5,5 dpt do +2,75 dpt a byl znázorněn dle sférického ekvivalentu, který byl vypočten podle následujícího vztahu.

$$SE = SPH + \frac{1}{2} CYL$$

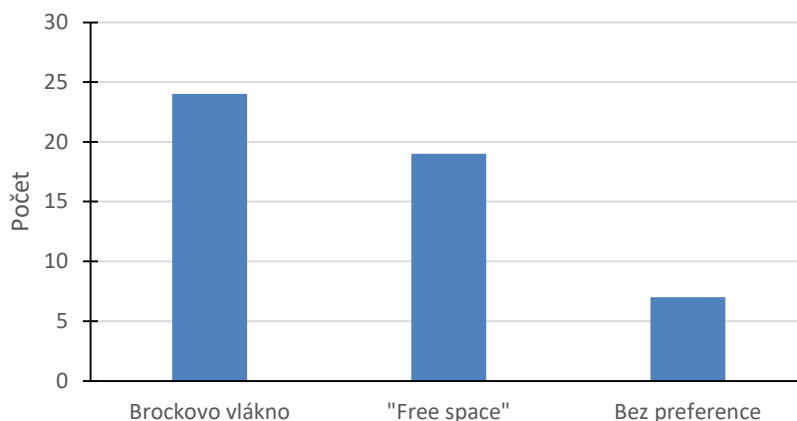
SE-sférický ekvivalent (dpt), *SPH*-hodnota sférické dioptrie (dpt), *CYL*-hodnota cylindrické dioptrie (dpt)

Při rozdělení vzorku dle refrakčních vad jsem se zabývala otázkou, jaké hodnoty jsou ještě považovány jako emetropické. Za emetropii byly v této práci považovány subjektivně naměřené hodnoty od -0,25 dpt do +0,50 dpt včetně a cylindrická korekce do -0,50 včetně při zachování sférického ekvivalentu. Graf znázorňuje refrakční vady každého oka zvlášť, kvůli rozdílným refrakčním vadám pravého a levého oka. Rozložení probandů dle refrakčních vad je znázorněno na následujícím obrázku č.11.



Obrázek 15 Graf rozložení probandů dle refrakčních vad

Dále jsem se dotazovala na subjektivní hodnocení porovnávaných metod při jednotlivých vyšetřeních. Jak znázorňuje následující graf, nejlépe hodnotili klienti vyšetření pomocí Brockova vlákna. Jako jeho výhodu hodnotili především jednoduchost a srozumitelnost vyšetření a snazší fixaci fixačního bodu díky přítomnosti provázku.



Obrázek 16 Graf rozložení probandů dle preferencí

Dále jsem zaznamenávala break a recovery point jednotlivých metod, jejichž průměrné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce. Zabývala jsem se otázkou, jak zaznamenat hodnoty u probandů, jejichž break point byl menší než 5 cm. Pakliže by byla pro break i recovery point použita hodnota 5 cm, nezohlednila by průměrná hodnota rozdíl mezi jednotlivými body. Proto u probandů, jejichž break point byl menší než 5 cm, byla tato hodnota zaznamenána jako 4 cm a recovery point byl zaznamenán jako 5 cm.

	„Free space“		„Free space“ s fyziologickou diplopií		Brockovo vlákno	
	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point
Průměr (cm)	8,11	11,48	7,96	11,65	7,30	9,89

Tabulka 4 Průměrné hodnoty naměřených metod

Z průměrných hodnot blízkého bodu konvergence vyplývá, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny metodou „free space“, dále „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a nejnižší hodnoty byly naměřeny pomocí Brockova vlákna. Bod rozdělení (break point) koreluje s hodnotami opětovného spojení (recovery point).

Následující graf znázorňuje průměrné hodnoty blízkého bodu konvergence.

7.4.2 Statistická analýza

Jelikož cílem této práce bylo vzájemné porovnání dvou hodnot pro tři metody měření blízkého bodu konvergence, bylo potřeba zjistit, zda jsou rozdíly mezi těmito metodami statisticky významné. Pracovala jsem v programu Microsoft Excel od společnosti Microsoft. Pro porovnání naměřených hodnot posloužil dvouvýběrový T-test. Hypotézy byly testovány na 5% hladině významnosti. Pro použití T-testu bylo potřeba zjistit, zda jsou rozptyly metod shodné či rozlišné. K tomu posloužil F-test, kde bylo na 5% hladině významnosti zjištěno, že rozptyl naměřených hodnot se významně neliší, je tedy možné pro jejich porovnání využít dvouvýběrový T-test.

7.4.2.1 Hypotéza 1

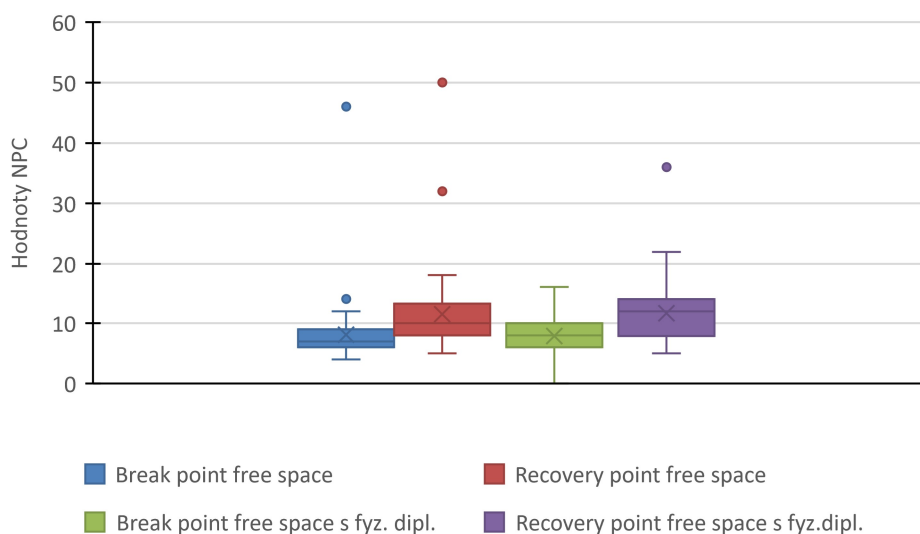
Cílem první hypotézy bylo porovnat hodnoty metody „free space“ a metody „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty naměřené pomocí těchto dvou metod, jejich směrodatná odchylka a medián. Pro tyto hodnoty byla použita funkce průměr, smodch a medián.

	„Free space“		„Free space“ s fyziologickou diplopií	
	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point
Průměr (cm)	8,11	11,48	7,96	11,65
Smodch	5,91	7,25	2,87	5,52
Medián	7	10	8	12

Tabulka 5 Naměřené hodnoty metodou „free space“ a metodou „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie

Dále jsem pomocí dvouvýběrového T-testu porovнала hodnoty break pointu a recovery pointu. Hodnoty break pointu dosahovaly pravděpodobnosti $p = 0,437$ a hodnoty recovery pointu $p = 0,448$. Hodnoty byly porovnávány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Jelikož jsou hodnoty $p > \alpha$ znamená to, že rozdíl mezi těmito metodami není statisticky významný, tedy přijímáme nulovou hypotézu H_0 a zamítáme alternativní hypotézu H_1 . Znamená to tedy, že hodnoty těchto dvou metod jsou ve shodě, dle našeho předpokladu, jelikož se jedná o stejný princip testu, pouze s kontrolou fyziologické diplopie.

Následující graf zaznamenává průměrné hodnoty těchto dvou metod a jejich extrémní body.



Obrázek 17 Graf hodnot „free space“ a „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie

7.4.2.2 Hypotéza 2

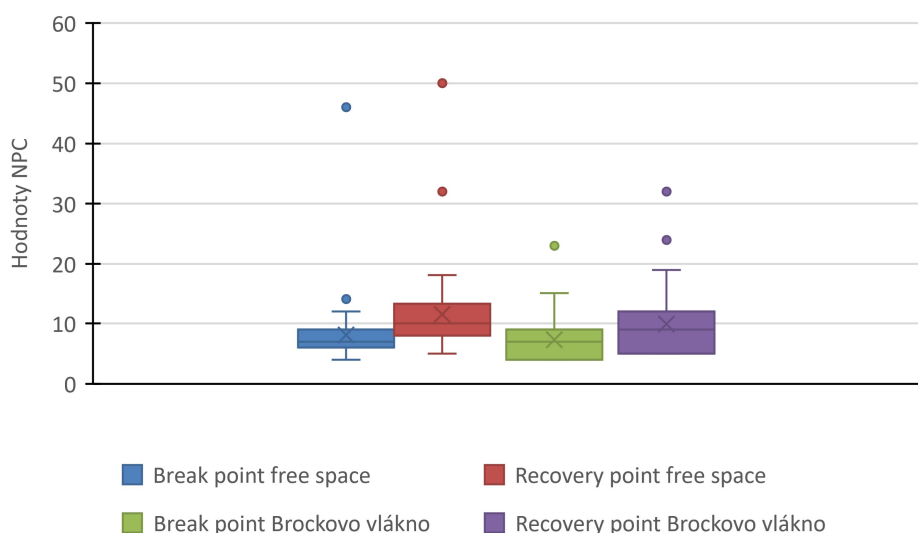
Cílem druhé hypotézy bylo porovnat metodu „free space“ s Brockovým vláknem. Průměrné hodnoty a jejich směrodatná odchylka a medián jsou uvedeny v následující tabulce.

	„Free space“		Brockovo vlákno	
	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point
Průměr (cm)	8,11	11,48	7,30	9,89
Smodch	5,91	7,25	3,80	5,62
Medián	7	10	7	9

Tabulka 6 Naměřené hodnoty metodou „free space“ a pomocí Brockova vlákna

Zde break point dosahoval pravděpodobnosti $p = 0,167$ a recovery point $p = 0,114$. Tedy rozdíly mezi těmito metodami také nejsou statisticky významné, jelikož $p > \alpha$. Tedy opět přijímáme nulovou hypotézu H_0 a zamítáme alternativní hypotézu H_1 .

Následující graf zaznamenává průměrné hodnoty těchto dvou metod a jejich extrémní body.



Obrázek 18 Graf hodnot „free space“ a pomocí Brockova vlákna

7.4.2.3 Hypotéza 3

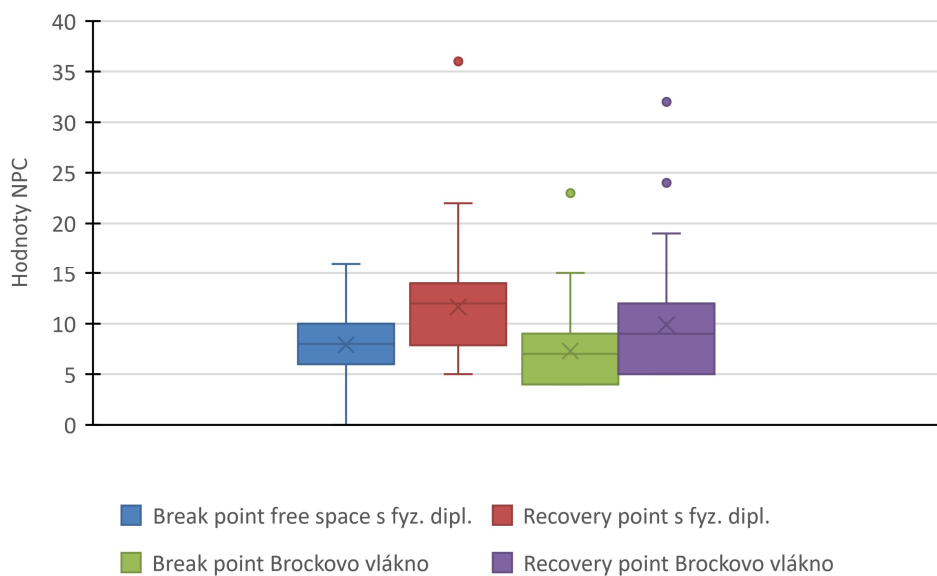
Zásadní otázkou bylo, zda se liší hodnoty metody „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a Brockovo vlákno. V následující tabulce jsou zaznamenány průměrné hodnoty, jejich směrodatná odchylka a medián.

	„Free space“ s fyziologickou diplopií		Brockovo vlákno	
	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point
Průměr (cm)	7,96	11,65	7,30	9,89
Smodch	2,87	5,52	3,80	5,62
Medián	8	12	7	9

Tabulka 7 Naměřené hodnoty metou „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna

Break point dosahoval pravděpodobnosti $p = 0,167$ a recovery point $p = 0,06$. Tedy $p > \alpha$ a ani zde tedy nejsou rozdíly mezi těmito metodami statisticky významné, přijímáme nulovou hypotézu H_0 a zamítáme alternativní hypotézu H_1 .

Následující graf zaznamenává průměrné hodnoty těchto dvou metod a jejich extrémní body.



Obrázek 19 Graf hodnot „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna

7.5 Diskuze

První nulová hypotéza H01 předpokládala, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ a pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou ve shodě. Tuto nulovou hypotézu jsem na 5% hladině významnosti přijala za platnou a zamítla jsem alternativní hypotézu H1, která tvrdila, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie. Tímto jsem potvrdila předpoklad, že kontrola fyziologické diplopie výrazně neovlivní výsledky měření.

Druhá nulová hypotéza H02 uváděla, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ a pomocí Brockova vlákna jsou srovnatelné. Opět jsem na 5% hladině významnosti tuto nulovou hypotézu potvrdila a zamítla jsem platnost alternativní hypotézy H2, která uváděla, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.

Třetí nulová hypotéza H03 předpokládala, že výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna jsou srovnatelné. Na 5% hladině významnosti přijímám nulovou hypotézu za platnou a zamítám alternativní hypotézu H3, která tvrdí, že Výsledky měření blízkého bodu konvergence pomocí metody „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie jsou odlišné od výsledků měření pomocí Brockova vlákna.

Měření blízkého bodu konvergence je ovlivněno řadou faktorů, které mají vliv na výsledné hodnoty. Na měření blízkého bodu konvergence má vliv rychlost posunu fixovaného předmětu, optimální rychlost se uvádí 1-2 centimetry za vteřinu. Dalším důležitým faktorem je opakování vyšetření. Wick a kolektiv (2014) uvádí, že by se vyšetření mělo opakovat 4-5 krát, Scheiman a kolektiv (2014) uvádí, že by se vyšetření mělo opakovat až 10 krát pro získání relevantních hodnot. Dále uvádí, že by se vyšetření blízkého bodu konvergence mělo měřit na začátku i na konci celého vyšetření, aby respektovalo zrakovou únavu. Dalším důležitým faktorem je fixace při přímém pohledu, jelikož pohled nahoru či dolů může zkreslovat naměřené hodnoty. [14], [35]

Dalším faktorem jsou odlišné podmínky při měření probandů, jelikož byli měřeni v různou denní dobu. Dále také závisí na subjektivním a objektivním hodnocení bodu rozdvojení (break point) a bodu opětovného spojení (recovery point). Subjektivně hodnotí proband break point jako rozdvojení, objektivně hodnotí vyšetřující break point jako přerušení fixace. Toto hodnocení nemusí být vždy ve shodě. Posledním faktorem je přesnost měření vzdálenosti. V tomto bodě bych hodnotila jako nejpresnější měření pomocí Brockova vlákna, díky přítomnosti provázku.

Průměrně nejvyšších hodnot dosahovala metoda „free space“, poté metoda „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a nejmenší průměrné hodnoty byly naměřeny pomocí Brockova vlákna. Tuto skutečnost bych vysvětlila tím, že kontrola fyziologické diplopie aktivuje periferní vidění, umožňuje tak lepší soustředění na centrální vidění a lepší schopnost probandů určit dobu, kdy dojde k rozdvojení obrazu (break point).

Studie „How central and peripheral vision influence focal and ambient processing during scene viewing“ provedená autory J. Srikantharajah a C. Ellard na Univerzitě ve Waterloo se zabývala vlivem centrálního a periferního vidění na změny pohybů očí a přechod z periferního vidění na centrální. Měřila dobu fixace při normálním vidění (centrální i periferní) a při omezení vidění pouze na centrální. Výsledky této studie ukázaly, že doba fixace je kratší, pokud je vidění omezeno pouze na centrální vidění ve srovnání s normálním vidění. Tento výsledek je ve shodě s vysvětlením, že metodami s kontrolou fyziologické diplopie dosahujeme nižších hodnot, jelikož je zde přítomen předmět v oblasti periferního vidění který umožňuje delší dobu fixace. Z toho vyplývá, že bod rozdvojení (break point) bude blíže pacientovi, tedy bude dosahovat nižších hodnot než metoda bez kontroly fyziologické diplopie. [37]

Jako výhodu Brockova vlákna bych uvedla možnost kontroly fyziologické diplopie, případně suprese, jednodušší určení dané vzdálenosti díky přítomnosti provázku a snadnější posun fixovaného předmětu (korálek) v rovině, aniž by docházelo ke kolísání. Pro přesnost měření a eliminace chyb bych doporučila měření blízkého bodu konvergence několikrát opakovat.

7.6 Závěr experimentální části

Zásadní otázkou experimentální části bylo, zda je možné nahradit měření blízkého bodu konvergence metodou „free space“ měřením pomocí Brockova vlákna. Ze stanovených hypotéz a jejich statistického zpracování vyplývá, že rozdíly mezi výslednými hodnotami těchto metod nejsou statisticky významné a je možné pro měření blízkého bodu konvergence použít Brockovo vlákno. Je tedy možné zařadit Brockovo vlákno do vyšetření binokularity a využívat ho i k diagnostice.

8 Závěr

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabývala oblastí binokulárního vidění souvisejícím s konvergencí. Popsala jsem anatomická a fyziologická východiska vergenčních pohybů a komplexní fungování binokulárního systému. Dále byly klasifikovány anomálie související s binokulárním viděním a představeny možnosti vyšetřenívergence. V závěru teoretické části bylo představeno Brockovo vlákno a jeho využití při zrakovém tréninku.

Praktická část bakalářské práce se zabývala měřením blízkého bodu konvergence metodou „free-space“, metodou „free-space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna. Byla stanovena konkrétní metodika vyšetření a sestaven protokol pro vyšetření. Následně byla zpracována a statisticky porovnána naměřená data a potvrzeny či vyvráceny stanovené hypotézy.

Cílem této práce bylo zjistit, zda lze metodu měření blízkého bodu konvergence pomocí Brockova vlákna využít pro zjištění blízkého bodu konvergence, tedy jako diagnostický nástroj k posouzení vergenčních či akomodačních poruch. Tato práce analyzuje princip fungování Brockova vlákna, jeho výhody a případné nevýhody v jeho použití a stanovuje konkrétní metodiku použití Brockova vlákna pro zjištění blízkého bodu konvergence v kontrastu s tím, že je tato technika běžně používaná spíše při zrakovém tréninku vergenčních a akomodačních poruch. Závěrem této práce bylo zjištěno, že je možné Brockovo vlákno zařadit do binokulárního vyšetření a využít jej pro měření blízkého bodu konvergence.

Seznam použité literatury

- [1] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [2] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [3] GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA. *Základy anatomie*. 2., přeprac. vyd. Praha: Galén, 2014. ISBN 978-80-7492-156-8.
- [4] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Ilustroval Ivan HELEKAL. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-140-2.
- [5] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [6] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. 2. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Maxdorf, [2021]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-704-4.
- [7] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-247-1963-4.
- [8] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [9] DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. 2. upravené vydání. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1979. ISBN 80-201-0037-7.
- [10] PŘEMYSL, Kučera. *Binokulární vidění, základy ortoptiky*. Přednáška ČVUT FBMI. 2022.
- [11] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [12] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [13] EVANS, Bruce J. W. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, c2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [14] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK. *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2014. ISBN 978-1-4511-7525-7.
- [15] BRŮNOVÁ, Blanka. *Poruchy binokulárního vidění: Pohled do angloamerické praxe - 1. část*. Česká oční optika. 2011, 52(4), 18-21. ISSN 1211-233X.
- [16] *Insuficience konvergence*. Česká oční optika [online]. 2013, 80 (3), 32-33 [cit. 2023- 02-14]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2013_03.pdf
- [17] PLUHÁČEK, František. *Vergenční poruchy při pohledu do blízka*. Katedra optiky přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2016. [online] [cit.18.04.2023] Dostupné z: www.Optomety.cz

- [18] ELLIOT, David B. *Clinical procedures in primary eye care*. 4 th ed. Philadelphia: Saunders, 2014. ISBN 978-0-7020-5194-4
- [19] PLUHÁČEK, František. *Normální binokulární vidění – výukové materiály k předmětu Binokulární vidění*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2011 [online] [cit.18.04.2023] Dostupné z: <https://docplayer.cz/107054484-Normalni-binokularni-videni.html>
- [20] FALHAR, Martin a kol. *21 kroků vyšetření binokulárního vidění*. 2016. [online] [cit.12.05.2023] Dostupné z: <http://www.optikarium.cz/21VBV.pdf>
- [21] BRŮNOVÁ, Blanka. *Poruchy binokulárního vidění: Pohled do angloamerické praxe - 2. část*. Česká oční optika. 2012, 53(1), 20-22. ISSN 1211-233X.
- [22] MESLIN, Dominique. *Praktická refrakce: Listy Očních Optiků*. Paris: Essilor Academy Europe, 2008. ISBN 979-10-90678-22-4.
- [23] PLUHÁČEK, František. *Zásady práce s prizmatickými lištami*. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2011. [online] [cit.18.04.2023] Dostupné z: http://www.optometry.cz/obsah/materialy/prizmaticke_listy.pdf
- [24] *Fúzní rezervy*. Česká oční optika [online]. 2016, 80(01), 14-17 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2016_01.pdf
- [25] Hadi Ostadimoghaddam, Hassan Hashemi, Payam Nabovati, Abbasali Yekta & Mehdi Khabazkhoob (2017) *The distribution of near point of convergence and its association with age, gender and refractive error: a population-based study*, Clinical and Experimental Optometry, 100:3, 255-259, DOI: 10.1111/exo.12471
- [26] *Brock string exercise*. Your family clinic. Applied holistic approach to psychology [online] [cit. 2023-04-10] Dostupné z: <https://www.yourfamilyclinic.com/ND/vision/brock.html>
- [27] HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 2., dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-207-8.
- [28] *Brock String Instructions*. Good-Lite [online] [cit. 2023-01-07] Dostupné z: https://www.good-lite.com/cw3/Assets/documents/911115_BrockStringInstructions.pdf
- [29] MISCHIO, Greg, ed. *How the Brock String is Used In Vision Therapy* [online]. , [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.thevisiontherapycenter.com/discovering-vision-therapy/bid/94890/how-the-brock-string-is-used-in-vision-therapy> Youtube
- [30] BRŮNOVÁ, Blanka. *Poruchy binokulárního vidění: Pohled do angloamerické praxe - 3.část*. Česká oční optika, 2012, 53(2), 12-15. ISSN 1211-233X.
- [31] What is Brock string? *Vivid vision training for lazy eye, closed eye, and convergence insufficiency* [online] [cit.12.05.2023] Dostupné z: https://www.seevividly.com/info/Lazy_Eye_Treatments/Eye_Exercises/Brock_String
- [32] The truth about Broock string. *Lazyeyefix-A new tratment for lazy eye using* [online] [cit.12.05.2023] Dostupné z: <https://www.lazyeyefix.com/brock-string>

- [33] Vision Therapy In The Modern Behavioural Optometry Practice: *The History of Vision Therapy and Contemporary Approaches to Case Selection, Case Management, and the Delivery of Treatment* [online]. 2016 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <http://www.ovpjournal.org/uploads/2/3/8/9/23898265/doyle16.pdf>
- [34] PLUHÁČEK, F. a M. HALBRŠTÁTOVÁ. *Zrakový trénink pro řešení dekompenzované forie*. Katedra optiky přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 2013 [online] [cit.18.04.2023] Dostupné z: www.Optometry.cz
- [35] Abraham NG, Srinivasan K, Thomas J. Normative data for near point of convergence, accommodation, and phoria. *Oman J Ophthalmol*. 2015 Jan-Apr;8(1):14-8. doi: 10.4103/0974-620X.149856. PMID: 25709268; PMCID: PMC4333536.
- [36] SIDEROV J., Chiu SC, Waugh SJ. *Differences in the nearpoint of convergence with target type*. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2001 Sep;21(5):356-60. doi: 10.1046/j.1475-1313.2001.00609.x. PMID: 11563422.
- [37] SRIKANTHARAJA J., ELLARD C. *How central and peripheral vision influence focal and ambient processing during scene viewing*. *J Vis*. 2022 Nov 1;22(12):4. doi: 10.1167/jov.22.12.4. PMID: 36322076; PMCID: PMC9639699.

Seznam symbolů a zkratek

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
Δ	cm/m	Prismatická dioptrie

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
cm	Centimetr
CYL	Hodnota cylindrické dioptrie
dpt	Dioptrie
FR	Fúzní rezervy
JBV	Jednoduché binokulární vidění
NFR	Negativní fúzní rezervy
NPA	Near point of accommodation (blízký bod akomodace)
NPC	Near point of convergence (blízký bod konvergence)
pD	Prismatická dioptrie
RAF	Royal Air Force rule (pravidlo Královského letectva)
SE	Sférický ekvivalent
SPH	Hodnota sférické dioptrie
PFR	Pozitivní fúzní rezervy
VFR	Vertikální fúzní rezervy

Seznam obrázků

Obrázek 1 <i>Oční pohyby a činnosti okoohybných svalů [7]</i>	2
Obrázek 2 <i>Hlavní pohledové směry [6]</i>	3
Obrázek 3 <i>Klasifikace heterotropie dle směru úchylky [13]</i>	9
Obrázek 4 <i>Brockovo vlákno [26]</i>	15
Obrázek 5 <i>Zkřížená a nezkřížená diplopie [27]</i>	15
Obrázek 6 <i>Fixace žlutého korálku [26]</i>	16
Obrázek 7 <i>Fixace červeného korálku [26]</i>	16
Obrázek 8 <i>Fixace zeleného korálku [26]</i>	16
Obrázek 9 <i>Tři kočky [34]</i>	19
Obrázek 10 <i>Tranaglyfy [10]</i> Obrázek 11 <i>Vektogramy [10]</i>	19
Obrázek 12 <i>Synoptofor [27]</i>	20
Obrázek 13 <i>Graf rozložení probandů dle pohlaví</i>	25
Obrázek 14 <i>Graf rozložení probandů dle věku</i>	25
Obrázek 15 <i>Graf rozložení probandů dle refrakčních vad</i>	26
Obrázek 16 <i>Graf rozložení probandů dle preferencí</i>	26
Obrázek 17 <i>Graf hodnot „free space“ a „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie</i>	28
Obrázek 18 <i>Graf hodnot „free space“ a pomocí Brockova vlákna</i>	29
Obrázek 19 <i>Graf hodnot „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna</i>	30

Seznam tabulek

Tabulka 1 <i>Funkce okohybných svalů a jejich inervace [6]</i>	3
Tabulka 2 <i>Normální hodnoty fúzních rezerv [23]</i>	13
Tabulka 3 <i>Normy hodnot blízkého bodu konvergence [13], [25]</i>	14
Tabulka 4 <i>Průměrné hodnoty naměřených metod</i>	27
Tabulka 5 <i>Naměřené hodnoty metodou „free space“ a metodou „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie</i>	28
Tabulka 6 <i>Naměřené hodnoty metodou „free space“ a pomocí Brockova vlákna</i>	29
Tabulka 7 <i>Naměřené hodnoty metou „free space“ s kontrolou fyziologické diplopie a pomocí Brockova vlákna</i>	30

Seznam příloh

Příloha 1 <i>Protokol o vyšetření</i>	41
Příloha 2 <i>Tabulka naměřených hodnot</i>	43

Příloha 1 *Protokol o vyšetření*

Bakalářská práce „Využití Brockova vlákna pro diagnostické účely“

Protokol o vyšetření

Osobní údaje

Pacient:	Pohlaví:	Věk:
Datum:	Vyšetřující:	

Anamnéza

Důvod návštěvy:	Poslední vyšetření zraku:
Celková osobní:	Celková rodinná:
Oční osobní:	Oční rodinná:
Pracovní:	
PC: ano ne	Řidič: ano ne

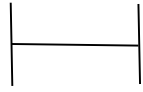
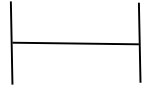
Objektivní refrakce:				Vis nat_{mono}	Vis nat_{bino}
P:	Sf	Cyl	Ax		
L:	Sf	Cyl	Ax		

Předchozí korekce:				Vis_{mono}	Vis_{bino}
P:	Sf	Cyl	Ax		
L:	Sf	Cyl	Ax		

Subjektivní refrakce: PD				Vis_{mono}	Vis_{bino}
P:	Sf	Cyl	Ax		
L:	Sf	Cyl	Ax		

Binokulární vyvážení:				Vis_{mono}	Vis_{bino}	Vis_{blízko}	
P:	Sf	Cyl	Ax				
L:	Sf	Cyl	Ax				

Binokulární a senzorický status

	Zakrývací test	Fúze (Worthův test)	Stereopse	Motilita	
Intermitentní				P	L
Alternující					

Vergenční systém

NPC (cm)	Free space	Free space s fyziol. dipl.	Brockovo vlákno
Bez korekce	/	/	/

NPA (cm)	/ /
----------	-----

	Asociovaná forie (D-ručičkový test, B-Malletův test)		Disociovaná forie (D-Maddoxův test, B-Thoringtonův test)	
	Δ horitontální	Δ vertikální	Δ horitontální	Δ vertikální
Dálka				
Blízko				

Poznámky:

Příloha 2 Tabulka naměřených hodnot

Subjekt	Propiska		Propiska s fyz.dipl.		Brockovo vlákno	
	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point	Break point	Recovery point
1	4	5	0	5	4	5
2	7	8	9	10	5	6
3	4	5	4	5	4	5
4	8	11	10	15	6	10
5	4	5	4	5	4	5
6	7	9	7	9	5	5
7	6	8	8	9	5	5
8	6	14	6	20	6	24
9	6	15	6	15	12	19
10	8	15	10	19	8	15
11	4	5	4	5	4	5
12	4	5	4	5	4	5
13	14	18	12	18	12	16
suprese						
15	9	13	9	13	7	10
16	12	15	12	18	12	15
17	12	17	13	18	13	18
18	7	9	9	12	7	9
suprese						
20	5	9	6	12	5	12
21	9	12	9	11	4	5
22	6	8	6	8	4	5
23	6,5	10	6,5	12	4	5
24	9	11	10	12	9	11
25	7	10	9	13	7	10
26	9	17	9	14	9	12
27	10	13	10	13	7	9
28	7	10	8	10	4	5
29	9	12	9	13	7	9,5
30	7	9	8	10	7	9
31	12	16	12	14	15	18
32	7	12	8	11	7	9
33	7	8	6,5	7,5	4	5
34	7	9	5	7	4	5
35	10	13	10	13	8	9
36	10	32	16	36	23	32
37	7	12	7	11	9	10
38	9	11	10	12	10	11
39	9	15	9	15	9	11
40	4	5	4	5	4	5
40	4	5	4	5	4	5
41	9	10	9	10	8	10
42	9	15	9	12	12	16
43	7	9	7	14	7	8
Suprese						
45	7	10	7	10	8	11
46	5	6	5	6	4	5
47	6	8	7	9	4	5
48	4	5	4	5	4	5
49	8	10	10	12	9	12
50	4	5	4	5	4	5
51	8	10	8	12	8	11
52	46	50	15	22	15	17
53	4	5	4	5	4	5