

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

**MAGDALÉNA
ZBOŘILOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Zjišťování vergenční facility jako alternativa k vyšetření fúzních rezerv

Examination of vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Magdaléna Zbořilová

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

Konzultant bakalářské práce: Bc. Přemysl Kučera



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Zbořilová** Jméno: **Magdaléna** Osobní číslo: **499984**
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:

Zjišťování vergenční facility jako alternativa k vyšetření fúzních rezerv

Název bakalářské práce anglicky:

Examination of vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves

Pokyny pro vypracování:

Vyšetření vergenční facility patří k testům hodnotícím vergenční stav zrakového aparátu. Po zjištění refrakčního deficitu a binokulárního stavu vyšetřete u vhodného vzorku probandů hodnoty vergenční facility. U stejného vzorku probandů stanovte hodnoty horizontálních fúzních rezerv. Analyzujte a porovnejte výsledky obou vyšetření s cílem určit, zda jsou výsledky ve shodě a zda lze vyšetřením vergenční facility nahradit zjištění horizontálních fúzních rezerv.

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] EVANS, B.J.W., Picwell's binocular vision anomalies, ed. 5., Elsevier, 2007, 454 s., ISBN 0-7506-8897-1
- [3] BENJAMIN, W. J., Borish's Clinical Refraction, ed. 2., Butterworth-Heinemann-Elsevier, 2006, 1694 s., ISBN 978-0-7506-7524-6

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:

Zjišťování vergenční facility jako alternativa k vyšetření fúzních rezerv

Abstrakt:

Tato práce s názvem Zjišťování vergenční facility jako alternativa k vyšetření fúzních rezerv se zabývá oblastí binokulárního vidění, zaměřené na vergenci a její poruchy. Práce popisuje anatomické a fyziologické předpoklady pro správnou funkci vergenčního aparátu. Představuje vývoj a složky binokulárního vidění, vzájemného vztahu akomodace a konvergence. Stěžejní část se věnuje vyšetření vergenční facility jako alternativě k vyšetření fúzních rezerv pro diagnostiku vergenčních poruch. Praktická část se věnuje porovnávání naměřených hodnot fúzních rezerv a jejich porovnávání s hodnotami vergenční facility. Naměřené hodnoty budou statisticky porovnány a bude potvrzena, případně vyvrácena jejich shoda. V případě že ano, lze vyšetření vergenční facility využít jako samostatný test k diagnostice vergenčních poruch.

Klíčová slova:

Vergenční facility, horizontální fúzní rezervy, vergenční poruchy

Bachelor's Thesis title:

Examination of vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves

Abstract:

This work called Examination of vergence facility as alternative to the examination of fusional reserves deals with the field of binocular vision, focusing on vergence and its disorders. The work describes the anatomical and physiological prerequisite for the proper functioning of the vergence apparatus. Introduces the development and components of binocular vision, the interrelationship of accommodation and convergence. The core part is devoted to the examination of the vergence facility as an alternative to the examination of fusional reserves. The practical part is dedicated to comparing the values of the vergence facility and the values of the horizontal fusion vergence. Then the work statistically processes and compares these measured data. I will confirm whether the values are match. If they are the same, the examination of the vergence facility can be used as separate test in the diagnosis of vergence disorders.

Key words:

Vergence facility, horizontal fusional reserves, vergence disorders

PODĚKOVÁNÍ

Na prvním místě bych ráda poděkovala konzultantovi této práce, Bc. Přemyslovi Kučerovi, za pomoc a cenné rady při psaní této práce. Dále bych ráda poděkovala své mamince, která mi byla oporou za celou dobu psaní práce. V neposlední řadě bych ráda poděkovala přátelům za to, že mě svým neustálým připomínáním motivovali ke psaní.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Zjišťování vergenční facility jako alternativa k vyšetření fúzních rezerv*“

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

1. Úvod	1
2. Anatomie oka.....	2
2.1 Očnice (Orbita).....	2
2.2 Oční koule (bulbus oculi)	2
2.3 Oční čočka (lens).....	3
2.4 Závěsný aparát.....	4
2.5 Řasnaté tělísko	4
2.6 Okohybné svaly	4
2.7 Oční pohyby	6
3. Binokulární vidění	8
3.1 Vývoj binokulárního vidění.....	8
3.2 Složky binokulárního vidění.....	8
3.3 Stupně binokulárního vidění.....	9
3.4 Horopter.....	9
4. Vztah akomodace a konvergence	10
4.1 Akomodace	10
4.2 Konvergence.....	11
5. Možnosti diagnostiky vergenčních poruch.....	12
5.1 AC/A poměr	12
5.2 CA/C poměr.....	13
5.3 Fúzní rezervy	13
5.4 Poruchyvergence	14
6. Vergenční facility	16
6.1 Vyšetření vergenční facility.....	16
6.2 Možnosti vyšetření vergenční facility	17
6.3 Trénink vergenční facility	17
7. Praktická část.....	19
7.1 Úvod do experimentální části	19
7.2 Předpoklady	19
7.3 Kritéria pro vyhodnocení.....	20
7.3 Metodika výzkumu	21
7.4 Výsledky měření.....	24

7.4.1 Obecné údaje	24
7.4.3 Předpoklad 1	28
7.4.4 Předpoklad 2	30
7.4.5 Předpoklad 3	31
7.4.6 Předpoklad 4	33
7.4.7 Předpoklad 5	34
7.5 Diskuze	36
8. Závěr	38
Seznam použité literatury	39
Seznam zkratk	42
Seznam obrázků	43
Seznam tabulek	44
Příloha A: <i>Refrakční karta</i>	45
Příloha B: <i>Tabulka diagnostiky vergenčních poruch</i>	47

1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá vyšetřením vergenční facility a vyšetřením horizontálních fúzních rezerv. Tyto testy jsou součástí celého komplexu vyšetření pro diagnostiku vergenčních a akomodačních poruch. Využití obou testů při vyšetření nebývá příliš časté. Buď se používá pouze jeden, nebo se vyšetření neprovádí vůbec. Přesto je hodnocení vergenčního aparátu pomocí těchto testů velmi důležité. Pomocí nich můžeme zlepšit kvalitu vidění u lidí, kteří mají různé symptomy, například dvojité vidění, časté migrény, nebo tlaky za očima.

Téma bakalářské práce jsem si vybrala proto, abych zjistila, zda si optometrista může diagnostiku ulehčit tím, že by využíval pouze jeden typ z těchto dvou testů. Podle dostupných zdrojů se uvádí, že by měly být výsledky naměřených hodnot ve shodě, takže by si optometrista mohl volit rychlejší, tedy časově úspornější variantu. Pokud by to bylo umožněno, mohlo by to mít pozitivní vliv pro větší zájem vyšetření vergenčního aparátu a zároveň častějšího diagnostikování vergenčních poruch.

V teoretické části bakalářské práce se budu stručně věnovat anatomii a fyziologii oka, která souvisí s vergenčním aparátem. Dále se budu věnovat popisu binokulárního vidění. Popíšu jeho vývoj, složky a jednotlivé stupně. Představím vztah mezi akomodací a konvergencí, dále představím možnosti diagnostiky vergenčních poruch a jejich klasifikaci. Na závěr se zmíním o vergenční facilitě a možnosti jejího vyšetření.

V experimentální části se provedu studii, ve které u určitého množství probandů, provedu vyšetření vergenční facility a vyšetření horizontálních fúzních rezerv. Na základě těchto měření určím pomocí diagnostické tabulky vergenční poruchy. Dále stanovím, zda jsem při vyhodnocování vergenčních poruch zaznamenala shodu mezi oběma využitými metodami. Na závěr naměřené hodnoty statisticky zpracuji a potvrdím, zda jsou ve vzájemné shodě.

2. Anatomie oka

Oko je párový orgán, který nám umožňuje zpracovávat až 80 % smysly analyzovaných informací. Zrakový orgán je tvořen třemi částmi: částí senzorickou, motorickou a přídatnými orgány oka. Senzorickou část dále dělíme na periferní složku, zrakovou dráhu a zrakové centrum mozkové kůry. Motorickou na okoohybné svaly, okoohybné nervy a motorická centra mozkové kůry. Přídatné orgány oka slouží k jeho ochraně a správné funkci. [1], [2], [5]

2.1 Očnice (Orbita)

Očnice je kostěná párová struktura, která se nachází v horní polovině obličejové části lebky. Je tvořena ze sedmi lebečních kostí. Z kosti klínové (os sphenoidale), kosti patrové (os palatinum), horní čelisti (maxilla), kosti lící (os zygomaticum), kosti čelní (os frontale), kosti slzní (os lacrimale) a kosti čichové (os ethmoidale). Stěny kostí se sbíhají do čtyřboké pyramidy, v jejím vrcholu je zrakový kanál (canalis opticus), kterým do očnice prochází zrakový nerv (nervus opticus) a oční tepna (a. ophthalmica). Očnici můžeme rozdělit do čtyř částí. Strop orbity je ploténka tvořená orbitální částí kosti čelní a částí kostí klínové, odděluje obsah orbity od mozku. Spodinu orbity tvoří střecha maxiárního sinu s lící a patrovou kostí. Najdeme zde dolní orbitální fisuru. Mediální stěnu orbity tvoří kost čichová. V přední části ve stěně orbity je slzná kůstka, která slouží pro uložení slzného vaku. Laterální stěnu orbity tvoří z přední strany kost lící a ze zadní strany kost klínová. Dále je vyplněna oční koulí (bulbus oculi), orbitálním tukem, slznou žlázou, slzovodem, okoohybnými svaly a bohatou sítí cév a nervů. [2], [3], [4]

2.2 Oční koule (bulbus oculi)

Má přibližný tvar koule, s předozadní délkou 24–26 mm. Je tvořena přední a zadní částí s rozdílným poloměrem zakřivení. Přední část, kterou tvoří rohovka má menší poloměr zakřivení 7–8 mm než zadní část, která je tvořena bělimou se zakřivením 11–12 mm. Přední a zadní pól bulbu je spojen osou bulbu. Na předním pólu bulbu se nachází vrchol rohovky (vertex corneae). Nasálně od zadního pólu bulbu vystupuje zrakový nerv. [1], [2], [3]

Stěna bulbu má tři vrstvy. Vazivová vrstva (tunica fibrosa bulbi), zajišťuje pevnost, tvar a mechanickou ochranu bulbu. Střední vrstva (tunica vasculosa bulbi) má vyživující funkci. Vnitřní vrstva (tunica interna bulbi) zodpovídá za vytvoření zrakového vjemu. [1], [2], [3]

Vazivová vrstva je tvořena bělimou (sclera) a rohovkou (cornea). Bělímou pokrývá skoro 80 % povrchu oční koule. Skládá se z hustého kolagenního vaziva, vzhledem připomíná šlachy

mléčně barvy. Nejtlustší místo je v zadní části bulbu. Nejtenčí místo se nachází na zevním okraji, kde skléra přechází v rohovku. Toto místo se nazývá limbus. Rohovka pokrývá 20 % povrchu oční koule, je bezbarvá, průhledná a bezcévná. Je mírně dehydratovaná, díky pravidelnému uspořádání kolagenních fibril. Rozlišujeme na ní 5 vrstev: epitel, bowmanovu membránu, stroma, descementovu membránu, endotel. [1], [2], [3]

Střední vrstvu tvoří živnatka (uvea), která je dále tvořena cévnatkou (choroidea), řasnatým tělesem (corpus ciliare), duhovkou (iris) a zornicí (pupilla). Cévnatka je největší složkou střední vrstvy bublu. Je to tenká pružná vazivová vrstva bohatá na cévy, uložena mezi sklérou a pars optica retinae, v přední části přechází na řasnaté těleso. Cévnatka vyživuje hluboké vrstvy sítnice, zároveň působí mechanicky, táhne za okraj řasnatého tělíska, a tím napíná závěsný aparát čočky. Řasnaté těleso je spolu s duhovkou součástí přední části tunica vasculosa. Duhovka má tvar mezikruží se středovým otvorem. Vnitřní okraj duhovky tvoří zornici. Odděluje od sebe přední a zadní komoru oka, které jsou vyplněny komorovou vodou. Prostor mezi rohovkou a předním pólem duhovky nazýváme přední segment oka a mezi zadním pólem duhovky a řasnatým tělesem zadní segment oka. Na kontrakcích duhovky se podílejí dva hladké svaly, svěrač a rozvěrač zornice. Při osvitě vzniká mióza nebo mydriáza. Zornice tak slouží jako clona. [1], [2], [3]

Vnitřní vrstvu tvoří sítnice (retina), která se dále dělí na optickou část (pars optica retinae) a slepou část (pars caeca retinae). Optická část má nejvýznamnější funkci stěny bulbu. Je to tenká blána, která naléhá na cévnatku. Je oranžovo-červené barvy, která vzniká prosvítáním cév. Na očním pozadí rozeznáváme dva základní útvary. Žlutou skvrnu (macula lutea), s foveou a foveolou (foveola centrali) považujeme za místo nejostřejšího vidění. Slepou skvrnu (macula caeca), zde ústí zrakový nerv, tudíž zde nejsou přítomny žádné světločivé elementy. [1], [2], [3]

2.3 Oční čočka (lens)

Oční čočka je bikonvexní, avaskulární a transparentní struktura. V průměru 9 mm dlouhá a 4 mm silná. Je tvořena z 65 % vody a 35 % bílkovin. Je zavěšena zonulárními vlákny za řasnaté tělísko. Před čočkou je zadní komora s komorovou vodou a za ní naléhá sklivec. Čočku tvoří tři části. Pouzdro, jádro a kortex. Povrch je tvořen polopropustnou membránou, kterou získává živiny z komorové vody. Přední část epitelu je tvořen lamelárními vlákny, které umožňují její elasticitu. Během života se lamely prodlužují a tím čočka elasticitu ztrácí. Jádro a kortex jsou

tvoreny dlouhými soustřednými lamelami tvaru do písmene Y. Nalezneme je v blízkosti ekvátoru čočky, a navazují na subkapsulární epitel. [6], [7]

Oční čočka vznikla jako neuroektodermový výběžek z diencefalonu. Její vývoj začíná už v prenatálním věku, přibližně od prvního měsíce. Výchlípky diencefalonu jsou optické váčky, které obklopují povrchový ektoderm. Od 27. dne se ektodermové buňky zvětšují a začínají tvořit čočkovou ploténku. Ta se mezi 29. a 33. dnem začíná měnit v čočkový pohárek. Vývoj pohárku je ukončen 40. dnem a je uzavřen primárními čočkovými vlákny. Sekundární čočková vlákna vznikají z diferenciovaných buněk čočkového epitelu. Vytváří se fetální jádro. Podpurná tkáň v jádře čočky, je napojena na hyalinní artérii v zadním pólu čočky a přední pupilární membránou. Po narození tato artérie zaniká. [6], [7]

2.4 Závěsný aparát

Závěsný aparát je tvořen zonulárními vlákny. Jeho hlavní funkce jsou udržet čočku ve středu optické osy a umožňovat akomodaci. Zonuly jsou tvořeny nekolagenními proteiny a elastickými vlákny. Zadní zonulární vlákna začínají v oblasti pars para ve vzdálenosti 1,2 mm od ora serata. Vlákna tvoří hustou síť, která se upíná mezi výběžky řasnatého tělíska v pars plicata. Přední i zadní vlákna se upínají do pouzdra čočky za a do oblasti ekvátoru. [5], [6], [7]

2.5 Řasnaté tělísko

Je struktura, v průřezu zhruba trojúhelníkového tvaru. Táhne se od předního konce cévnatky až ke kořenu duhovky. Přední stranu tvoří pars plicata (2 mm) a zadní stranu pars plana (4 mm). Ciliární výběžky vycházejí z pars plicata, jsou tvořeny převážně kapilárami a žilami. Sval je tvořen 2 epitelovými vrstvami. Vnitřní vrstva je nepigmentová, představuje rozšířenou neuroretinu. Vnitřní epitelová vrstva je pigmentová, představuje rozšířený pigmentový epitel sítnice. V ciliárním svalu se tvoří komorová voda. Sval je tvořen 3 typy vláken. Podélná, radiální a kruhová. Funkcí kruhových vláken je zajistit kontrakci a relaxaci zonulárních vláken, která jsou upnuta mezi ciliárními výběžky. Tím se mění napětí čočky, to dává čočce možnost změnit poloměr zakřivení, při zaostření na různé vzdálenosti. Krevní zásobování je zajištěno od hlavního kruhu duhovky, nervové tvoří krátké ciliární nervy. [5], [6], [7]

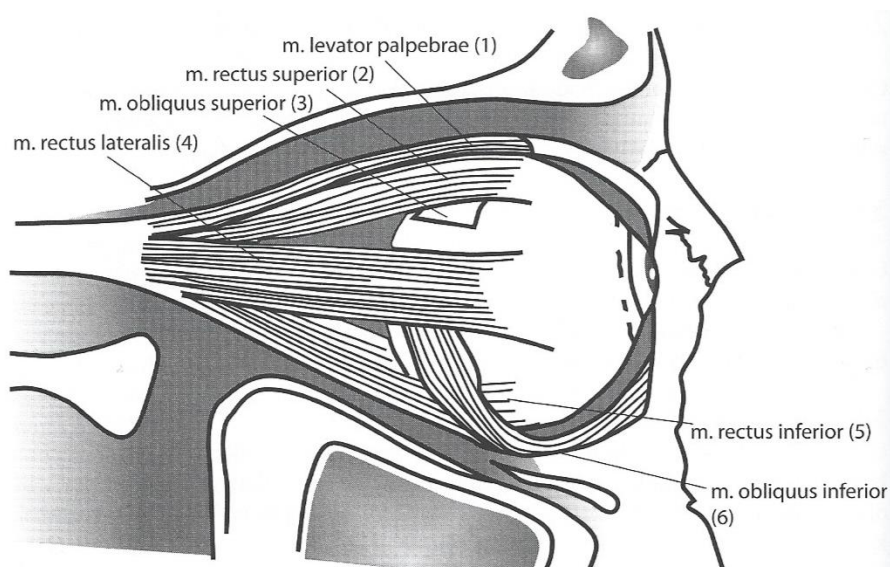
2.6 Okohybné svaly

K očním pohybům slouží okohybné svaly. Jedná se o 6 příčně pruhovaných svalů, které můžeme ovládat vlastní vůlí. Jejich hlavní funkcí je zajistit takový pohyb, aby se fixovaný objekt zobrazil ve středu sítnice. Rozlišujeme čtyři přímé horní přímý sval (m. rectus superior),

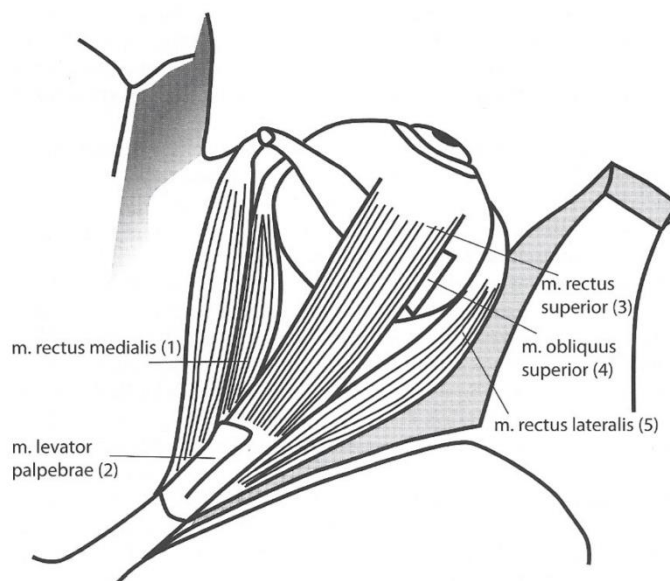
dolní přímý sval (m. rectus inferior), vnitřní přímý sval (m. rectus medialis), zevní přímý sval (m. rectus lateralis) a dva šikmé horní šikmý sval (m. obliquus superior) a dolní šikmý sval (m. obliquus inferior). [4], [3]

Pro všechny svaly, kromě dolního šikmého je počátek v aulus tendineus communis. Jedná se o prstencovitou šlachu, která se upíná ve vrcholu očnice. Obklopuje optický kanál (canalis opticus) a prohází jím zrakový nerv (nervus opticus), oční tepna (a. ophthalmica), třetí hlavový nerv (n. oculomotorius) a odtahovací nerv (n. abducens). Dolní šikmý sval se upíná na spodní stěně očnice. [3], [4]

Přímé svaly vedou dopředu a upínají se do skléry před ekvátorem ve vzdálenosti 5-8 mm za limbem. Svaly jsou 40 mm dlouhé a mají desetimilimetrový šlachovitý úpon. Horní šikmý sval vede podél vnitřního okraje dopředu a vzhůru do vnitřního koutu očnice, kde zatáčí a mění svůj směr šikmo a upíná se zevně za ekvátorem v dolním kvadrantu bulbu. Dolní šikmý sval jde šikmo dozadu a upíná se za ekvátorem v dolním vnějším kvadrantu bulbu. [4], [5]



Obrázek 1 Okohybné svaly, pohled z temporální strany [1]



Obrázek 2 Okohybné svaly, pohled shora [1]

Na inervaci okohybných svalů se podílejí hlavové nervy, konkrétně III., IV. a VI. Horní, dolní, vnitřní sval a šikmý. Přímé svaly jsou upnuty tak, že vnitřní a vnější sval táhnou laterálně a mediálně. Horní a dolní mají kromě svého směru i mediální složku, která při pohybech oka napomáhá konvergenci. [3], [4]

Tabulka 1 Funkce okohybných svalů a jejich inervace [4]

Okohybný sval	Latinský název	Inervace	Primární funkce	Sekundární funkce
vnitřní přímý	m. rectus medialis	n. III	addukce	-
zevní přímý	m. rectus lateralis	n. VI	abdukce	-
horní přímý	m. retus superior	n. III	elevace	addukce, intorze
dolní přímý	m. rectus inferior	n. III	deprese	addukce, extorze
horní šikmý	m. obliquus superior	n. IV	intorze	deprese, abdukce
dolní šikmý	m. obliquus inferior	n. III	extorze	elevace, abdukce

2.7 Oční pohyby

Monokulárním pohybům očí říkáme dukce. Horizontální jsou addukce (dovnitř), abdukce (zevně). Vertikální jsou elevace (nahoru) a deprese (dolů). Oko je schopno také torzních pohybů, intorze (k vnitřnímu koutku) a extorze (k vnějšímu koutku). [3], [4]

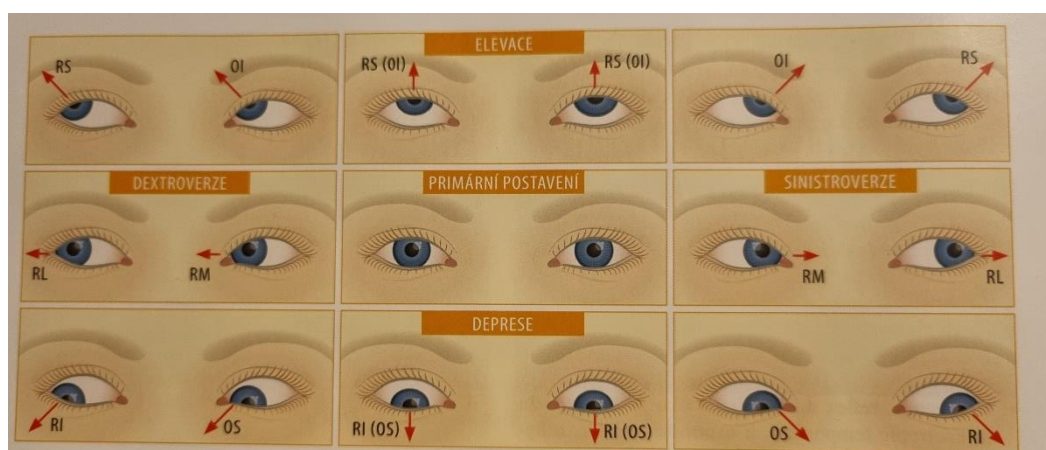
Hlavním pohybem vnitřního přímého svalu je addukce a zevního přímého svalu je abdukce. Primární funkcí horního přímého svalu je elevace, sekundární jsou addukce a intorze. Dolní přímý sval primárně zajišťuje depresi, sekundárně addukci a extorzi. Horní šikmý sval

vykonává extorzi spolu s depresí a addukcí. Introzi elevaci a abdukci vykonává dolní šikmý sval. [3], [4]

Rozlišujeme dva druhy binokulárních pohybů. Verze, jsou koordinované pohyby obou očí ve stejném směru. Vergence, současné pohyby obou očí ve směru opačném. Rozlišujeme celkem šest binokulárních pohledových směrů: dextroelevace (doprava nahoru), dextroverze (doprava), dextrodeprese (doprava dolů), sinistroelevace (doleva nahoru), sinistroverze (doleva) a sinistrodeprese (doleva dolů). Mezi vergenční pohyby patří konvergence – při fixaci bližšího předmětu nastává souměrný sbíhavý pohyb očí. Divergence – při fixaci vzdálenějšího předmětu nastává souměrný rozbíhavý pohyb očí. [3], [4]

Sakadické pohyby očí jsou vůlí neovlivnitelné drobné pohyby bulbu. Mají dvojí funkci, rozšíření místa nejostřejšího vidění a měnit bodové vidění na souvislý obraz. Bez těchto pohybů by vidění odpovídalo pouze jednotlivým bodům světločivých elementů. Jsou řízeny gangliovými buňkami a kontrolovány ve zrakové kůře. [3], [4]

Vyhledávací pohyby očí, jsou automatické pomalejší kývavé pohyby bulbu. Objevují se v případě, kdy oko nefixuje v zorném poli žádný předmět a není v rychlosti schopno zafixovat detaily. Jsou řízeny zrakovou kůrou. Pohyby, které můžeme ovládat vlastní vůlí jsou pohyby volní. [3], [4]



Obrázek 3 Oční pohyby [4]

3. Binokulární vidění

Jednoduché binokulární vidění je koordinovaná senzomotorická činnost očí, která s pomocí zrakové dráhy a zrakového centra vede ke vzniku jednoduchého vjemu. Výsledný obraz fixovaného předmětu není dvojitý, ale jednoduchý. Je tvořen překrytím a spojením dvou obrazů a vznikem prostorového vjemu. Není vrozené, vyvíjí se od narození spolu se sítnicí a žlutou skvrnou přibližně do 6 let. Souhra obou očí je dokonalá, proto za fyziologických podmínek binokulárního vidění, nedokážeme rozlišit vjem pravého a levého oka. [15], [16]

3.1 Vývoj binokulárního vidění

S jednoduchým binokulárním viděním se nenarodíme, jeho vývoj začíná po narození a trvá několik let. Po narození je novorozenec schopen vnímat pouze světlo a tmou, jednoduché tvary a kontrast. Jeho zraková ostrost je 0,02. Centrální část sítnice není ještě plně vyvinuta, tak je využívána pouze její periferní část. Od druhého týdne se čípky začínají postupně diferenciovat, tím se pokládají základy fotopického vidění. V prvním měsíci se zraková ostrost začíná pomalu zvyšovat, začíná se vyvíjet monokulární fixace, která je ve 2. měsíci doplněna fixací binokulární. Konvergence se vyvíjí dříve než akomodace. Ve třetím měsíci je dítě schopno konvergovat na blízké předměty, vývoj akomodace začíná 4. měsícem. Spolu s konvergencí se začíná vyvíjet centrální fixace, která se vyvíjí až do 5. měsíce. Fotopické vidění převažuje nad skotopickým. Okolo 6. měsíce ukončuje svůj vývoj makula, vzniká fúze. Toto období je kritické pro diagnostiku strabismu. Mezi 9. – 12. měsícem se upevňují binokulární reflexy, odhad vzdálenosti, velikost obrazů a vyvíjí se stereopse. Ve 4 letech se vizus přibližuje hodnotě 1,0. K upevňování binokulárního vidění dochází mezi 5. a 6. rokem života. [15], [16], [18]

3.2 Složky binokulárního vidění

Aby mohlo binokulární vidění fungovat, musí být splněny optické, motorické a senzorické podmínky. Mezi motorické složky patří volný pohyb bulbů ve všech směrech, rovnoběžné postavení očí při pohledu do dálky, správná funkce motorické dráhy a motorického centra, správná souhra konvergence a akomodace. Senzorické složky zahrnují, normální vidění obou očí, přibližně stejně velké sítnicové obrazy, centrální fixace obou očí, normální retinální korespondence, schopnost fúze, normální funkce zrakové dráhy a zrakového centra. Optické složky zajišťují průhlednost všech optických medií. Jedná se o rohovku, čočku, sklivec a komorovou vodu v přední a zadní komoře oka. [15], [16]

3.3 Stupně binokulárního vidění

Binokulární vidění bylo poprvé podrobněji popsáno Worthem v roce 1905. Rozdělil ho na tři stupně, simultánní percepci a superpozici, fúzi a stereopsi. [15]

Prvním stupněm je simultánní percepce a superpozice. Simultánní percepce je vidění oběma očima najednou bez pevného spojení obrazu. Potvrzením superpozice je spojení dvou nestejných obrazů protože, spojení dvou stejných obrazů nelze dobře odlišit od fúze. [11], [12]

Druhým stupněm je fúze, dochází zde ke spojení obrazů z pravého a levého oka, v jeden smyslový vjem. K fúzi dochází, pokud jsou splněny sensorické a motorické podmínky. Podle rozsahu sítnice, kterým obrazy spojujeme dělíme fúzi na 3 části. Fúze I je taková část, kdy paramakulární obrazy spojujeme větším rozsahem, než je makula. Fúze II spojuje makulární obrazy rozsahem makuly. Fúze III jsou foveolární obrazy a spojujeme je foveolou. Spojuje drobné detaily, ale chybí zde vnímání hloubky. U fúze je také důležitá její šířka, tj. rozsah konvergence, divergence a výšky, kde vyšetřovaný udrží obrazy obou očí spojeny. Je možné ji změřit a cvičit. [11], [12], [13]

Třetí stupeň je stereopse. Jedná se o schopnost vytvořit hloubkový vjem spojených obrazů, jejichž jednotlivé části dopadají na sítnici na lehce disparátní body. Je možná jen za přítomnosti binokulárního vidění. Je to nejvyšší stupeň binokulárního vidění. [11], [12]

3.4 Horopter

Horopter je souhrn všech bodů v prostoru, jejichž obrazy dopadají na korespondující místa sítnice při fixaci jednoho bodu v prostoru. Tvoří vyklenutou plochu procházející fixačním bodem. Je popisován pomocí Vieth-Müllerova kruhu, skutečná podoba horopteru je eliptická, protože u teoretického horopteru jsou eliminovány zobrazovací vady rohovky a čočky a anatomie oční koule. Okolí horopteru, kde dochází ještě k jednoduchému vidění, nazýváme Panumův prostor. Body ležící před nebo za horopterem, se promítají na nekorespondující místa sítnice, ale pomocí stereopse jsou vnímány jako body s prostorovým posunem. [8], [14]

4. Vztah akomodace a konvergence

Vývoj akomodace a konvergence neprobíhá současně. Počátky konvergence začínají být přítomny ve třech měsících života dítěte. Akomodace není do 4. měsíce možná z důvodu nedokončeného vývoje řasnatého tělesa a sítnice. Vyvíjí se spolu s centrální zrakovou ostroší. Ve dvou letech akomodace dosahuje hodnot konvergence. [15], [16]

4.1 Akomodace

Akomodace je dynamický proces, kdy se při pohledu do blízka navyšuje optická mohutnost oční čočky. Na akomodaci se podílí dvě složky. Jedna z nich je „aktivní“ a je zajištěna závěsným aparátem se zonulárními vlákny v řasnatém tělísku. Druhá je „pasivní“, ta je tvořena elasticitou oční čočky, a je schopna změnit zakřivení přední lámavé plochy. Z tohoto důvodu je oko schopno zaostřit předměty v různých vzdálenostech. [5], [11], [12], [13]

Při akomodaci rozlišujeme na optické ose dva základní body, daleký a blízký. Obraz blízkého bodu se zobrazí na sítnici při maximální akomodaci, obraz dalekého bodu se zobrazí na sítnici při minimální akomodaci. Vzdálenost mezi těmito body nazýváme akomodační oblast. Akomodační oblast je závislá na refrakci a akomodační amplitudě oka. Akomodační amplituda charakterizuje maximální nabytí optické mohutnosti, které je podmíněno akomodací. [11], [12], [13]

Akomodační amplitudu můžeme zjistit pomocí metody (minus lens to blur) zamlžením mínusovou čočkou nebo (push up) přibližováním textu k oku. Při zamlžení mínusovou čočkou, vyšetřovaný pozoruje na optotypu nejmenší řádek, který dokáže přečíst ze vzdálenosti 6 m. Postupně mu předsazujeme binokulárně po $-0,25$ dpt, dokud se mu obraz nerozostří. Hodnota předsazených dioptrií, je hodnota akomodační amplitudy v dioptriích. U push up metody si klientovi přibližuje optotyp, dokud se obraz nerozmaže. Převrácená hodnota naměřené vzdálenosti v metrech, je hodnota akomodační amplitudy. [9], [10]

Akomodační amplituda mění své hodnoty v závislosti na věku, nejvyšších hodnot dosahuje v dětském věku přibližně 20 dpt, poté se s věkem postupně snižuje. Okolo 50. roku života, schopnost akomodace mizí úplně. Tento jev nazýváme presbyopie. Jedná se o fyziologický proces úbytku akomodační amplitudy. Tento úbytek nahrazujeme předepsáním přídatku do blízka – adicí. Adice pomáhá opětovnému zaostření na blízkou vzdálenost. [15], [16]

4.2 Konvergence

Konvergence je disjungovaný pohyb očí, který se uplatňuje při akomodaci. Při fixaci blízkého předmětu se kromě akomodace zapojuje také konvergence, můžeme ji také vyvolat vlastní vůlí. Podílí se na ní vždy obě oči. Skládá se ze 4 složek, tonické, akomodační, fúzní a proximální. [15], [16], [18]

Tonická konvergence zajišťuje klidové postavení očí, je ovládána impulzy z mozkové kůry. Akomodační konvergence vyvolává akomodaci při fixaci do blízka. Je podmíněná akomodací, proto se označuje jako akomodační. Fúzní konvergence doplňuje konvergenci akomodační v zájmu vzniku jednoduchého obrazu na sítnici. Ovlivňuje postavení očních os, tak, aby se protkly v místě fixace. Proximální konvergence se někdy nazývá psychogenní, ovlivňujeme ji vlastní vůlí při vnímání vzdálenosti předmětu. Nejčastěji se vyskytuje při přístrojových měření, kdy se obraz uměle posouvá do nekonečna. Tímto dochází k uvolňování akomodace a vzniká zde přístrojová konvergence. [15], [16]

Součástí vyšetření konvergence, je určení blízkého bodu konvergence. Jedná se o bod, na který jsou oči schopny konvergovat, dokud se obraz nerozdvojí. Poloha blízkého bodu konvergence není závislá na věku, tak jako akomodace. V publikacích se uvádí, že vzdálenost větší než 8 cm, se považuje za zhoršení konvergenční schopnosti. [15], [16]

5. Možnosti diagnostiky vergenčních poruch

5.1 AC/A poměr

Při jednoduchém binokulárním vidění se na konvergenci podílí tři složky: tonická, akomodační a fúzní. Při zrušení fúze se na postavení očí podílí převážně akomodační složka. Pokud při disociaci zjistíme ve všech případech ortoforii znamená to, že se na binokulárním postavení očí podílí pouze akomodační konvergence bez nutnosti fúzní složky. Hodnoty naměřené AC se rovnají přírůstku konvergence. Každá změna akomodace je podmíněná konvergencí. [8], [9], [10]

Tento poměr říká, kolik prizmatických dioptrií dokáže oko konvergovat na jednu dioptrii akomodace. Pokud jsou poměry AC/A moc vysoké, nebo naopak moc nízké, mohou se vyskytnout potíže s binokulárním viděním u dekompenzované heteroforie. V závislosti na hodnotě AC/A poměru můžeme určit o jakou binokulární poruchu se jedná. Využíváme ho při diagnostice a korekci forií do blízka. Můžeme ho určit dvěma způsoby, a to početním nebo gradientním. [8], [9], [10]

Početní metoda určuje poměr pomocí vzorce:

$$\frac{AC}{A} = PD - \frac{HTF_D - HTF_B}{F}$$

Rovnice 1 Vzorec pro výpočet AC/A poměru

PD – vzdálenost zornic v cm, HTF_D – Heteroforie do dálky, HTF_B – Heteroforie do blízka, F – Fixační vzdálenost

Kdy je zapotřebí znát velikost úchylky do dálky i do blízka, pupilární distanci a vzdálenost na kterou daný obraz fixujeme. [8], [9], [10]

Pro zjištění stavu AC/A stačí i porovnání forií do blízka a dálky. Pokud je větší exoforie do blízka, než do dálky jedná se o nízký AC/A poměr. Pokud je větší esoforie do blízka, než do dálky jedná se o vysoký AC/A poměr. [8], [9], [10]

U gradientní metody měříme konvergenci na blízko. Při měření používáme Maddoxův cylindr, nebo von Graefeho prizma v kombinaci s vhodným testem do blízka (Toringtonův test a jeho modifikce). Předsazujeme binokulárně sférické čočky, nejčastěji hodnoty +1 dpt a + 2 dpt u esoforie, nebo -1 dpt a -2 dpt u exoforie. [8], [9], [10], [18]

5.2 CA/C poměr

Konvergenční akomodace je navozena konvergencí. Při konvergenci vzniká impulz, pro akomodační systém. Ten zajišťuje zvýšení akomodace o konvergenční akomodaci. Tento poměr říká, kolik očí akomodují při konvergenci na 1 pD. Normální hodnota je okolo 1:10. [9], [18]

5.3 Fúzní rezervy

Fúzní rezervy neboli fúzní vergence říkají, jakou má oko maximální kompenzaci heteroforie. Tento parametr je nám nápomocen při rozhodování, zda je nutno forii korigovat prizmaty nebo ne. Podle Sheradovova kritéria má význam korekce heteroforie, pokud jsou její hodnoty dvojnásobně vyšší než hodnoty fúzních rezerv. [9], [18]

Fúzní rezervy měříme po sférocylindrické korekci, nejprve do dálky na 6 metrů, poté do blízka na 40 cm. Při měření definujeme 3 důležité body – bod rozmazání (blur point), rozdvojení (break point) a opětovného spojení (recovery point). [9], [18]

Při měření pozitivních fúzních rezerv (dálka i blízko) a negativních (blízko) určíme všechny definované body. Při měření negativních do dálky a vertikálních, je u normálních hodnot zjistitelný pouze bod rozdvojení a spojení. Bod rozmazání se zde nevyskytuje. U pozitivních fúzních rezerv předkládáme prizma bází ven, u negativních bází dovnitř. U vertikálních na pravém oku bází nahoru a na levém bází dolů, pokud není přítomna vertikální fórie. [9], [18], [28], [29]

Bod rozostření souvisí s hodnotou CA/C poměru. Tento bod není vždy u vyšetřovaného přítomen. [9]

K bodu rozdvojení dochází, když se při fixaci na předmět přetíží vergenční systém. Oči nejsou schopny fúze, vyšetřovaný tento stav vnímá jako zdvojený obraz. [9]

Po rozdvojení obrazu začne prizmatický účinek snižovat do doby, kdy vyšetřovaný začne vidět jeden obraz, který jsou oči schopny fixovat. [9]

Měření fúzních rezerv můžeme provádět dvěma způsoby. Plynulou (smooth) metodou pomocí Herscherova (Risleyho) prizmatu, který se nachází ve foropteru, nebo skokovou (step) metodu pomocí prizmatických lišt. Naměřené hodnoty obou metod se liší, nedají se tedy kombinovat, proto je důležité na začátku vyšetření zvolit, jakou využijeme a budeme v ní pokračovat i u následujících kontrolách. [9], [18], [28], [29]

U „smooth“ metody dochází k rovnoměrnému rozložení prizmat pro pravé a levé oko, je tedy možné, že naměřené hodnoty budou vyšší. U „step“ metody předkládáme prizma pouze před jedno oko, musíme tedy dávat pozor, aby se oko nedostalo do suprese. Navyšujeme postupně o dvě prizmata za sekundu. Doporučený postup měření je nejprve změřit pozitivní fúzní rezervy, poté pokračovat vertikální fúzní rezervou, a nakonec změřit negativní fúzní rezervy. Doporučuje se to, protože kdybychom měřili pozitivní fúzní rezervy a hned potom negativní, hodnoty by mohly být zkreslené. [9], [18], [28], [29]

5.4 Poruchyvergence

Celkem rozlišujeme sedm vergenčních poruch. Základní Exoforii a esoforii, konvergenční a divergenční insuficienci, exces konvergence a divergence a dysfunkci fúzních rezerv. [8], [10]

Insuficience konvergence je nejčastější vergenční poruchou, bývá doprovázená i poruchami akomodace. Konvergence je nezbytná pro správnou funkci binokulárního vidění do blízka. Nejčastěji je definovaná jako neschopnost dosáhnout a udržet konvergenci při dlouhodobé práci na blízko. Tento stav můžeme brát jako trvale dekompenzovanou exoforii na krátkou pracovní vzdálenost, která má pak za následek dočasnou dekompenzaci pro práci na větší vzdálenosti. Obtíže se projevují při dlouhodobé práci do blízka, patří mezi ně astenopické potíže, rozmazané a dvojitě vidění. Pacienti s těmito obtížemi mají vyšší hodnoty blízkého bodu konvergence nižší pozitivní fúzní rezervy a sníženou schopnost akomodace. Projevuje se vyšší exoforií při ortoforii na dálku, nebo v kombinaci s malou exoforií na dálku. [8], [10], [11], [12]

Insuficenci divergence dělíme na dva typy: primární a sekundární. Primární se vyznačuje vysokou esoforií na dálku a menší esoforií do blízka. U sekundární je esoforie na blízko vyšší než do dálky. Pokud má pacient dostatečnou zásobu negativních fúzních rezerv nejsou přítomny žádné obtíže. Vzhledem k ukončenému vývoji binokulárního vidění se jeho manifestace projevuje diplopií. Podle Duana je insuficience divergence pouze jedna, a to ta s velkou esoforií do dálky a nízkou do blízka. [8], [10], [12]

Exces konvergence charakterizujeme nízkou esoforií do dálky a postupně zvětšující se esoforií do blízka. Nejčastěji ji můžeme najít u nekorigované nebo špatně korigované hypermetropie, u počáteční presbyopie, spasmu oční triády a pseudomyopie. Pacienti popisují zhoršené vidění při dlouhodobé práci do blízka, bolesti hlavy, neschopnost přeostrřit na dálku. [8], [10]

Exces divergence se projevuje vysokou exoforií do dálky a menší do blízka. Rozdíly heteroforie do 7 pdpt bývají kompenzované. Většinou jsou postižené ženy a dospívající. Postižení většinou

nezaznamenávají žádné subjektivní potíže, někdy zmiňují, že zaznamenali dvojitě vidění. Pacienti mívají často supresi, proto není dvojitě vidění přítomno. [8], [10]

Základní esoforie charakterizuje stejná úchylka do dálky i do blízka. Mezi nejčastější symptomy patří astenopické potíže, diplopie. Tyto potíže jsou přítomny při pohledu do dálky i do blízka. Při vzniku suprese je esoforie asymptomatická. [8], [10], [18]

Základní exoforie charakterizujeme stejnou úchylkou do dálky i do blízka. Pacient může být asymptomatický. Pokud se vytvořila anomální retinální korespondence, není přítomna astenopie. V opačném případě se může objevit astenopie nebo diplopie. Pacient popisuje rozmazané vidění, větší citlivost na světlo. Symptomy jsou přítomné při pohledu do dálky i do blízka. [8], [10], [18]

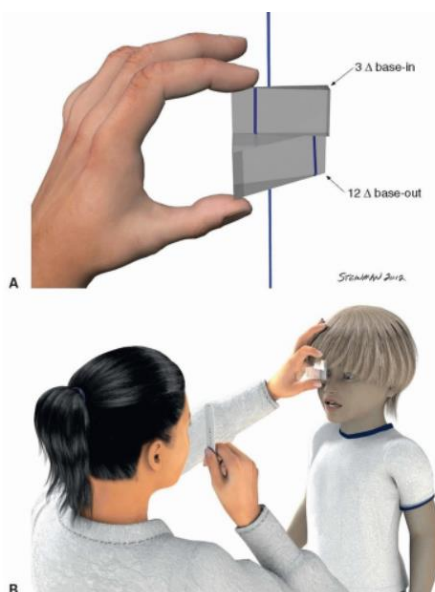
Dysfunkce fúzních rezerv se projevuje nízkými hodnotami esoforie nebo exoforie. Klient má malé fúzní rezervy, při vyšetření naměříme minimální rozdíly mezi asociovanou a disociovanou fórií. Mezi symptomy řadíme astenopické potíže, někdy mohou být přítomny i potíže akomodační. [8], [10], [18]

6. Vergenční facilitita

Vergenční facilitita je schopnost očí rychle změnit vergenci za určité časové období. Vyšetřujeme ji pomocí prizmatického dvojhranolu. Definujeme jí počtem cyklů za minutu, kdy je oko schopno z fúzovat obraz při rychlých změnách předkládáním prizmatických čoček bází dovnitř a bází ven. Výsledek je závislý na velikosti fúzních rezerv. Pro diagnostické účely se používá dvojhranol o hodnotě 12 pdpt bází ven (BO) a 3 pdpt bází dovnitř (BI). Až do nedávné doby se nevědělo, jaká kombinace těchto dvou hranolů je optimální. Např. Buzzelli doporučoval použití 16 pdpt BI /4 pdpt BO. Mezi dalšími doporučeními figuroval typ 8 pdpt BI / 8 pdpt BO. Až po mnoha studiích se dospělo k závěru, jaká kombinace je optimální. [9], [10]

6.1 Vyšetření vergenční facility

Vyšetření vergenční facility probíhá za binokulárních podmínek, kdy je klient požádán, aby sledoval text ve vzdálenosti 40 centimetrů. Důležitým a zároveň primárním faktorem tohoto vyšetření je správné vykorigování na dálku. Při předkládání prizmatického hranolu je potřeba, aby zachoval jednoduchý obraz. První předložíme hranol o síle 12 pdpt BO a požádáme klienta o přečtení slova, poté předsadíme hranol o síle 3 pdpt BI a znova požádáme klienta o přečtení. Tento postup opakujeme po dobu 1 minuty. Jeden cyklus je předložení obou prizmatických hranolů. Očekávaná hodnota je 12–15 cyklů za minutu. Klinicky významná hodnota je pod 11 cyklů za minutu. Vyšetření se dá použít jako náhrada vyšetření fúzních rezerv.[10]



Obrázek 4 Vyšetření vergenční facility [9]

6.2 Možnosti vyšetření vergenční facility

Buzzelli (1986) provedl studii na školních dětech ve věku od 6–14 let. Při studii použil dvojhranol v kombinaci 16 pdpt BI / 4 pdpt BO. Při vyšetření byli probandi požádáni, aby si zachovali jednoduchý a nerozmazaný obraz. Bylo zjištěno, že žáci vyšších ročníků jsou schopní vydržet více cyklů za minutu. Dále bylo zjištěno, že každá věková kategorie má jiné normy [9]

Gall a kolektiv (1998) provedli klinickou studii, kdy testovali dvě skupiny lidí. Jedna byla symptomatická a druhá byla kontrolní. Na skupinách se testovalo 16 kombinací prizmatických hranolů, měřila se vergenční facilitita po dobu jedné minuty ve vzdálenostech 4 metry a 40 centimetrů. Těmito pokusy bylo zjištěno, že neoptimálnější je použití velikosti 12 pdpt BO / 3 pdpt BI. Tato kombinace měla největší význam pro oddělení symptomatických a asymptomatických subjektů. Norma pro klinické selhání je 11 cyklů za minutu. [20], [22]

Další studie porovnávala vergenční facilitu pomocí tří kombinací prizmatických hranolů. Cílem bylo určit nevhodnější hodnotu hranolu. Jednalo se o hodnotu 8 pdpt BI / 8 pdpt BO, 12 pdpt BO / 3 pdpt BI a 5 pdpt BI / 15 pdpt BO. 122 účastníků studie bylo rozděleno do čtyř věkových skupin. Nejlepší výsledky byly zaznamenány s hodnotou 12 pdpt BO / 3 pdpt BI. Nejhorší výsledek měly nejmladší děti, ale s postupem věku se zvyšoval počet cyklů za minutu, to znamená, že se vergenční facilitita s přibývajícím věkem zvyšuje. [26]

V jiné studii v roce 2004 testoval děti ve věku od 6 do 12 let pomocí dvojhranolu o hodnotě 8 pdpt BO / 8 pdpt BI. Výsledky neměly klinický význam ale statistický. Byla potřeba rozdělit populaci do dvou věkových skupin, a to děti od 6 do 8 let a děti od 8 až 12 let. [25]

Další studie v roce 2017–2018 zjišťovala, jaký vliv má používání digitálních zařízení na blízko na vergenční facilitu. Pokus probíhal za následujících podmínek: Po sférocylindrické korekci proběhlo změření vergenční facility, poté probandi četli 30 minut na digitálním zařízení a pak bylo opakováno změření vergenční facility. Došlo ke zhoršení pozitivní i negativní fúznívergence. Z původních naměřených 13 cyklů za minutu se hodnota naměřených cyklů snížila na 10 cyklů za minutu. Výsledkem této studie je, že používání digitálních zařízení na blízkou vzdálenost negativně ovlivňuje kvalitu vidění. [24]

6.3 Trénink vergenční facility

Nejčastěji se trénink vergenční facility využívá u dětí nebo dospělých s konvergenční insuficiencí. Byly provedeny studie školních dětí s poruchami učení (dyslexie a dysgrafie). Po odborném vyšetření oftalmologem byla zjištěna jejich kvalita vidění a jejich binokulární status.

Rodiče vyšetřovaných dětí měli za úkol vyplnit informativní dotazník (anamnézu, obtíže s viděním, obtíže se čtením, psáním, sociální prostředí apod.) Na základě odpovědí byly rodičům navrženy řešení. Jedním z těchto řešení bylo trénování vergenční facility. Rodiče museli být informováni, jak zrakový trénink bude probíhat, jak je nutné spolupracovat a klást důraz na pečlivost provedených úkolů a požadavků oftalmologů. Převážně se jednalo o jedno nebo dvě sezení týdně po dobu 12 týdnů. Průběh tréninku spočíval v tom, že děti při čtení textu, si před sebou, respektive před okem po dobu jedné minuty, střídavě převracely dvojhranol. S postupem času se měl zvyšovat počet cyklů za minutu. Nejčastěji se jednalo o kombinaci 12 pdpt BO / 3 pdpt BI, 8 pdpt BI / 8 pdpt BO a 4 pdpt BI / 8 pdpt BO. [23]

Po ukončení celého tréninkového cyklu se zjišťovalo, jaký měl trénink vliv na zlepšení vergenční facility a zároveň, zdali tyto metody pomohly při poruchách učení (zlepšení četby, psaní atd.) Bylo zjištěno, že zrakový trénink pozitivně ovlivnil soustředění žáku při dlouhodobém čtení textu. Jeho rychlost se zlepšila, stejně jako pocit při četbě samotné. Dále došlo ke zmírnění astenopických obtíží. [23]

7. Praktická část

7.1 Úvod do experimentální části

Cílem mé experimentální části bylo porovnání výsledků vyšetření horizontálních fúzních rezerv a vyšetření vergenční facility. Zajímalo mě, zda jsou výsledky obou vyšetření ve shodě a zda můžeme vyšetřením vergenční facility nahradit vyšetření horizontálních fúzních rezerv při diagnostice nestrabických vergenčních poruch. Vedlejším cílem byla diagnostika vergenčních poruch jednotlivých probandů.

A. C. Melville a A. Y. Firth (2002), zkoumaly vzájemný vztah mezi hodnotami horizontálních fúzních rezerv a vergenční facility. Výzkumu se zúčastnilo 28 subjektů v průměrném věku 19 let, s normální zrakovou ostrostí a binokulárním viděním. V závěru uvedly, že mezi naměřenými hodnotami nebyla nalezena žádná korelace. A že tyto dva testy kvantifikují různé aspekty vergence, a alternativně mohou být výsledky obou testů nespolehlivé. [30]

V této části bakalářské práce představím měření a stanovím si předpoklady. Dále popíšu metodiku postupu vyšetření. Bylo nutné vyšetření u dostatečného množství probandů a naměřené výsledky následně zpracovat a vyhodnotit. Na základě těchto dat jsem potvrdila nebo vyvrátila předem určené předpoklady.

7.2 Předpoklady

P1: Stanovuji předpoklad, že odchylka od norem vergenční facility bude shodná s odchylkou norem u horizontálních fúzních rezerv.

P2: Stanovuji předpoklad, že hodnoty pozitivních fúzních rezerv a negativních fúzních rezerv budou ve shodě u 2/3 vyšetřovaných osob.

P3: Stanovuji předpoklad, že hodnoty pozitivních fúzních rezerv budou ve shodě s výsledky časové odpovědi vergenční facility stanovované pomocí hranolu 12 BO u 2/3 vyšetřovaných osob.

P4: Stanovuji předpoklad, že hodnoty negativních fúzních rezerv budou ve shodě s výsledky časové odpovědi vergenční facility zjištěné pomocí hranolu 3 BO u 2/3 vyšetřovaných osob.

P5: Stanovuji předpoklad, že u probandů, kterým budou naměřeny nízké hodnoty fúzních rezerv, budou zjištěny nízké hodnoty reakce na předsazený hranol při kontrole vergenční facility v daném směru.

7.3 Kritéria pro vyhodnocení

Pro zařazení probanda do výzkumné části bylo nutné dosažení minimálního visu 1,0 s nejlepší korekcí. Dále nesměla být u vyšetřovaného přítomna suprese. Pro klasifikaci vergenčních poruch bylo použito několik testů. Shoda byla posuzována pomocí analytického přístupu diagnostiky nestrabických vergenčních poruch.

Potom, co jsem probandy změřila, porovnávala jsem jejich hodnoty s hodnotami norem na základě Morganových tabulek, které jsem získala z literatury. [9] Abychom mohli u vyšetřovaného poruchu potvrdit, bylo potřeba, aby se shodovala minimálně tři vyšetření z šesti. Protože jednotlivá vyšetření k diagnostice nestačí. Je potřeba aby se výsledky vyšetření hodnotily jako celek. Přítomnost symptomů, které jsem získala z anamnézy a pozitivní nález u zakrývacích testů, bylo důležitou součástí při klasifikaci vergenčních poruch.

Tabulka 2 Očekávané hodnoty pro diagnostiku vergenčních poruch – vlastní zpracování [9]

Vyšetření	Střední hodnota	jednotky	odchylka
Blízký bod konvergence	7/10	cm	-
Akomodační amplituda	18,5-[(věk)/3]	dpt	± 2 dpt
Vergenční facilitita - blízko	15	cpm	± 3 cpm

Tabulka 3 Očekávané hodnoty horizontálních fúzních rezerv [9]

Směr báze	Vzdálenost	Bod	Střední hodnota [pdpt]	Odchylka [pdpt]
Pozitivní (BO)	Dálka	rozmazání	9	4
		rozdvojení	19	8
		spojení	10	4
	Blízko	rozmazání	17	5
		rozdvojení	21	6
		spojení	11	7
Negativní (BI)	Dálka	rozmazání	-	-
		rozdvojení	7	3
		spojení	4	2
	Blízko	rozmazání	13	4
		rozdvojení	21	4
		spojení	13	3

Tabulka 4 Vztah naměřené disociované fórie do dálky a blízka – vlastní zpracování [9]

Binokulární anomálie	Vztah forie do dálky a blízka
Insuficience konvergence	exo B minimálně o 3 pdpt > exo D
Insuficience divergence	eso D minimálně o 3 pdpt > eso B
Konvergenční exces	eso B minimálně o 3 pdpt > eso D
Divergenční exces	exo D minimálně o 3 pdpt > exo B
Základní esoforie	eso D = eso B ± 3 pdpt
Základní exoforie	exo D = exo B ± 3 pdpt

Binokulární anomálie	Zakrývací test	Vztah disociované fórie do D a B	Vergenční amplituda	Vergenční facilita	Stereopse	NPC	Akomodační amplituda
Insuficience konvergence	Exo > B	Exo > B	Nízké hodnoty BO	Nízké hodnoty BO	Normální	Vzdálené	Normální
Insuficience divergence	Eso > D	Eso > D	Nízké hodnoty BI D	Nízké hodnoty BI	Normální	Normální	Normální
Konvergenční exces	Eso > B	Eso > B	Nízké hodnoty BI	Nízké hodnoty BI	Normální	Normální	Normální
Divergenční exces	Exo > D	Exo > D	Nízké hodnoty BO D Nízké hodnoty BI B	Nízké hodnoty BO D Nízké hodnoty BI B	Normální	Normální	Normální
Dysfunkce fúzních rezrev	Nízké hodnoty Eso/Exo	Nízké hodnoty Eso/Exo	Nízké hodnoty BI a BO	Nízké hodnoty BI a BO	Normální	Normální	Normální
Základní esoforie	Eso = D a B	Eso = D a B	Nízké hodnoty BO D a B	Nízké hodnoty BO	Normální	Normální	Normální
Základní exoforie	Exo = D a B	Exo = D a B	Nízké hodnoty BI D a B	Nízké hodnoty BI	Normální	Normální	Normální

Obrázek 5 Analytický přístup pro klasifikaci vergenčních poruch – vlastní zpracování [9]

7.3 Metodika výzkumu

Výzkumné měření se uskutečnilo v období od začátku března do poloviny dubna 2023 v oční optice Fielmann v Praze. Vyšetření probíhalo na vzdálenost 6 metrů pomocí zrcadlového systému, kdy osvětlení mělo hodnotu 1223 luxů (lx).

Před samotným vyšetřením vergenčního aparátu byla určena správná sférocylindrická korekce do dálky. Vyšetření refrakce předcházelo zjištění anamnézy. Cílem anamnézy bylo zjistit současné obtíže. Zaměřila jsem se na bolesti hlavy, tlaky za očima, rozmazané nebo rozdvojené vidění a potíže při změně pohledu z blízka do dálky a naopak. Dále jsem se dotazovala, kdy a při jakých aktivitách se obtíže projevují. V případě, že klient používal brýlovou korekci, mě zajímalo, kdy proběhlo poslední měření, a jak je klient se současnou korekcí spokojen. Oční anamnéza zahrnovala dotazy na úrazy očí, oční onemocnění s důrazem na strabismus. Další částí anamnézy bylo zjistit celkový zdravotní stav, mé dotazy se týkaly určitých onemocnění, které mohou mít vliv na refrakci oka, například diabetes, poruchy štítné žlázy nebo vysoký krevní tlak. Dále bylo potřeba zjistit, zda neužívá léky, které mohou ovlivňovat zrak. Po zaznamenání anamnézy jsem se zaměřila na vyšetření objektivní refrakce. K tomuto vyšetření byl použit autorefraktokeratometr Nidek ARK-F Oculus. V případě, že klient již korekci používal, byly změřeny hodnoty habituální korekce fokometrem Nidek LM-1800P Oculus. Naměřené hodnoty slouží jako vstupní informace pro budoucí korekci ametropie.

Subjektivní refrakce byla změřena pomocí foropteru Nidek RT-100 Oculus. Prvním krokem bylo nutné přístroj nastavit přesně podle potřeb klienta. Při centraci bylo potřeba dodržet nulovou inklinaci a vrcholovou vzdálenost 12 milimetrů. Pomocí centrovacích křížů, které jsou ve foropteru, jsem upravila horizontální a vertikální centraci. Před zahájením měření refrakce bylo potřeba zjistit monokulární a binokulární visus. Toto vyšetření bylo provedeno na LCD optotypu Oculus Vissard 3D. U klientů, kteří žádnou korekci neužívají se jednalo o visus naturalis, u nositelů brýlové korekce se jednalo o visus habituální.

Po stanovení nejlepší sférické korekce jsem přešla na vyšetření astigmatismu. Vyšetření astigmatismu probíhalo pomocí bodového testu s pomocí Jacksonova zkříženého cylindru o velikosti $\pm 0,25$ dioptrií. K binokulárnímu vyvážení byl použit třířádkový test s polarizací.

Pro vyhodnocení binokulárního statusu jsem využila několik testů. K vyloučení suprese jsem využila polarizovaný Worthův test, k potvrzení stereopse byl do dálky využit stereotest. S nejlepší korekcí do dálky byly provedeny zakrývací testy do dálky a do blízka. Jednalo se o testy intermitentní i alternující pro odhalení heterotropie a heteroforie. Při testu do dálky vyšetřovaný fixoval na optotypu písmeno N o velikosti 0,6. Do blízka fixoval můj kořen nosu ve vzdálenosti 40 cm. Nakonec proběhl test motility.

Po správné korekci do dálky jsem vyšetřila visus do blízka a blízky bod akomodace. K tomuto vyšetření jsem využila čtecí tabulku. Při vyšetření visu jsem zjišťovala, jaký nejmenší řádek je vyšetřovaný schopen s korekcí do dálky přečíst. Při vyšetření blízkeho bodu akomodace (NPA) si vyšetřovaný přibližoval text k oku, dokud se nerozmazal, nejprve monokulárně a poté binokulárně. Naměřenou vzdálenost jsem zaznamenala.

Ke klasifikaci vergenčních poruch jsem využila několik testů. Vyšetření disociované forie probíhalo vždy při intenzitě světla 9 luxů. K disociaci jsem využila červený Maddoxův cylindr, který jsem pokaždé umístila na pravé oko. První jsem změřila forie horizontální, poté vertikální. Jako bodový zdroj světla do dálky jsem využila LED diodu. Do blízka byl využit bodový zdroj světla, který se nachází na vyšetřovací jednotce do blízka. Na modifikovaném Thoringtonově testu jsem vyšetřovala horizontální a vertikální forie do blízka. Po vyšetření disociované forie jsem se zaměřila na vyšetření horizontální a vertikální asociované forie do dálky a do blízka. Pro vyšetření do dálky byl využit ručičkový test fixační disparity. Do blízka byl využit lineárně polarizovaný „XOX“ test fixační disparity, který byl součástí vyšetřovací jednotky do blízka NV-100.

V následujícím kroku jsem přešla na vyšetření pozitivních a negativních fúzních rezerv. Fúzní rezervy jsem vyšetřovala pomocí prizmatických lišt. Vyšetřovaný byl požádán, aby rozlišil bod rozmazání, rozdvojení a opětovného spojení. Vždy když klient zaznamenal tento stav, byla jsem o této skutečnosti informována a hodnoty si zaznamenala. Do dálky jsem vyšetřovala při fixaci na písmeno N o velikosti 0,6 ve vzdálenosti 6 metrů. A do blízka byla využita čtecí tabulka konkrétně řádek odpovídající visu 0,4 ve vzdálenosti 40 centimetrů.

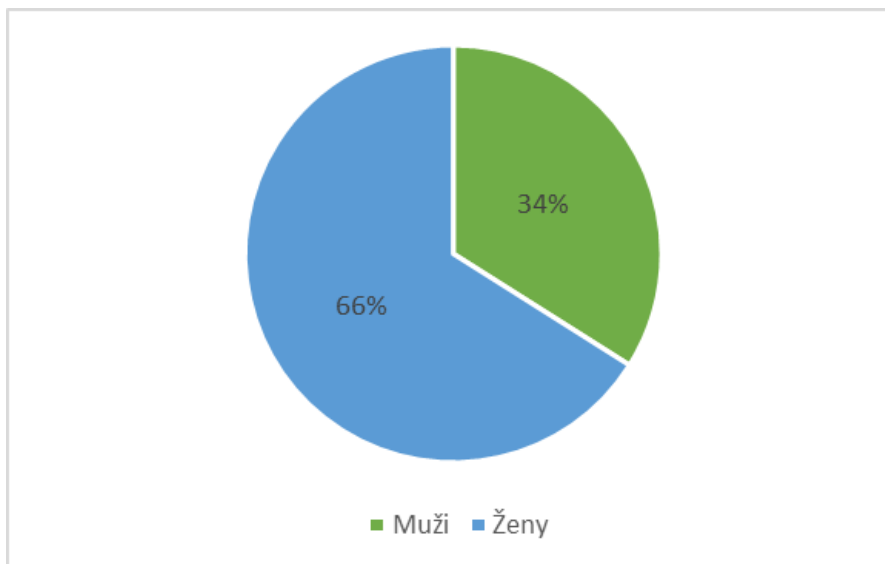
Vyšetření blízkého bodu konvergence (NPC) bylo provedeno bez použití foropteru, tedy bez korekce. Důvodem bylo omezení zorného pole hlavou foropteru. K vyšetření jsem využila dvě propisovací tužky, černou a modrou. Černá propisovací tužka měnila svoji vzdálenost v závislosti na vyšetřovaném, modrá propisovací tužka se vždy nacházela ve vzdálenosti 50 centimetrů od oka. Vyšetřovaný fixoval hrot černé propisovací tužky, který se přibližoval k oku, ve stejný okamžik periferně sledoval, zda se modrá propisovací tužka zobrazuje dvojitě. Hrot propisovací tužky se přibližoval, dokud klient nezaregistroval jeho rozdvojení. Tuto vzdálenost jsem změřila a zaznamenala. Při rozdvojení hrotu, jsem se klienta zeptala, zda vidí modrou propisovací tužku pouze jednou. Poté si dotyčný oddaloval propisovací tužku od očí, dokud se hroty opět nespojily v jeden. Tuto vzdálenost jsem opět změřila a zaznamenala. Opět jsem se ho dotazovala na modrou propisovací tužku, zda ji vidí v periferii dvakrát. Při tomto testu, jsem vyloučila u vyšetřovaného supresi na blízko.

Posledním vyšetřením bylo zjištění vergenční facility. Měření probíhalo za binokulárních podmínek, pouze na vzdálenost 40 cm. Použit byl prizmatický dvojhranol, který má prizmatickou hodnotu 12 pdpt bází temporálně (base out, BO) a 3 pdpt bází nazálně (base in, BI). Jako fixační stimul byla použita čtecí tabulka s řádkem, který odpovídá visu 0,4. Vyšetření trvalo 60 vteřin. Při vyšetření jsem před pravé oko předložila hranol o hodnotě 12 pdpt BO, poté jsem hranolem otočila a předložila hranol o hodnotě 3pdpt BI. K přetočení došlo v okamžiku, kdy vyšetřovaný zaznamenal jednoduchý a ostrý obraz. Za jeden cyklus je považována výměna hranolu 12 pdpt BO za 3 pdpt BI a zpět na 12 pdpt BO.

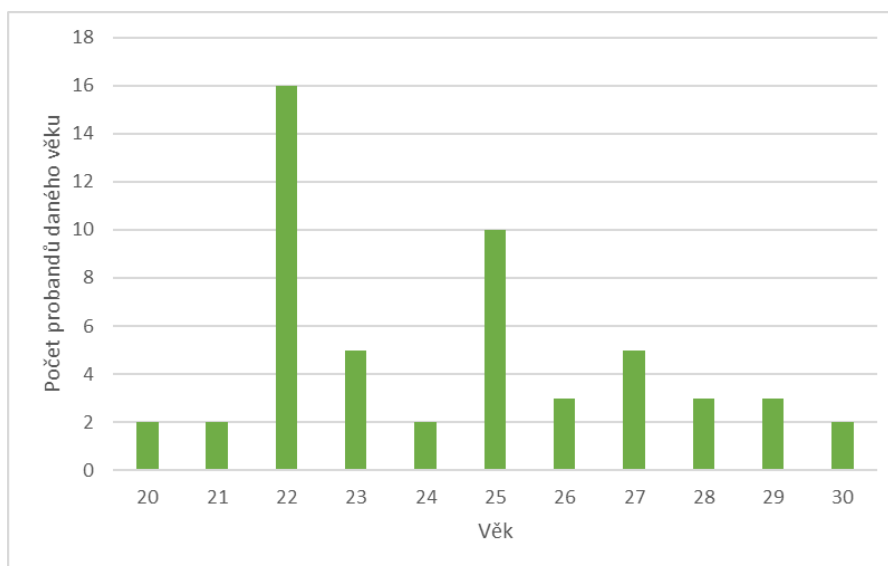
7.4 Výsledky měření

7.4.1 Obecné údaje

Do výzkumné části bylo zahrnuto celkem 53 osob, z tohoto souboru zaujímali 66 % ženy a 34 % muži. Věkové rozmezí probandů se pohybovalo od 20 do 30 let. Průměrný věk tvořil 24 let.



Obrázek 6 Procentuální zastoupení probandů podle pohlaví



Obrázek 7 Zastoupení probandů podle věku

Pro klasifikaci nestrabických vergenčních poruch bylo použito několik vyšetření. Jejich vyhodnocování probíhalo pomocí analytického přístupu diagnostiky vergenčních poruch. U každého testu jsem z naměřených hodnot spočítala průměrnou hodnotu a směrodatnou odchylku.

U vyšetření NPC nebyl u 13 pacientů stanoven bod rozdvojení, protože jejich bod rozdvojení byl menší než 5 cm. Při měření vergenční amplitudy nastal u 28 % vyšetřovaných osob stav, kdy byl při měření vergenční facility zjištěn rovnou bod rozdvojení.

Tabulka 5 Naměřené hodnoty diagnostických testů

Vyšetření		Střední hodnota	Jednotky	Odchylka
Akomodační amplituda	Binokulární	10	dpt	2,2 dpt
Blízký bod konvergence	Rozdvojení	8,5	cm	2,4 cm
	Spojení	12,2	cm	4,7 cm
Disociovaná fórie	Dálka BO	3,6	pdpt	3,5 pdpt
	Dálka BI	2,6	pdpt	3,2 pdpt
	Blízko BO	7,3	pdpt	4,7 pdpt
	Blízko BI	5,2	pdpt	3,4 pdpt
Vergenční facilitata - blízko	Blízko	13	cpm	2,2 cpm

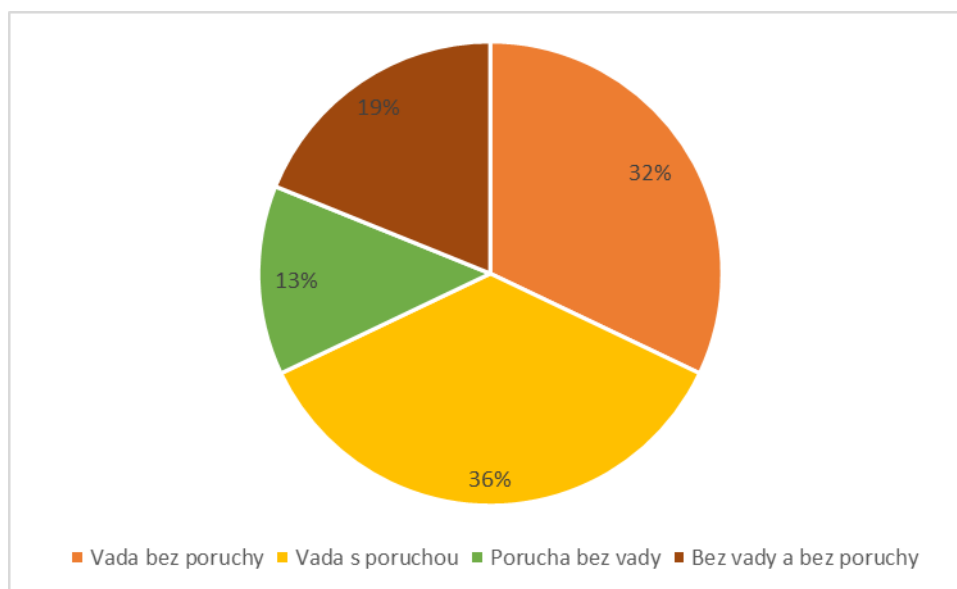
Tabulka 6 Naměřené hodnoty vergenční amplitudy

Směr báze	Vzdálenost	Bod	Střední hodnota [pdpt]	Odchylka [pdpt]
Pozitivní (BO)	Dálka	rozmazání	4	6
		rozdvojení	19	10
		spojení	11	5
	Blízko	rozmazání	4	8
		rozdvojení	28	10
		spojení	12	9
Negativní (BI)	Dálka	rozmazání	1	1
		rozdvojení	6	3
		spojení	4	2
	Blízko	rozmazání	3	5
		rozdvojení	17	8
		spojení	11	5

7.4.2.1 Výskyt vergenčních poruch

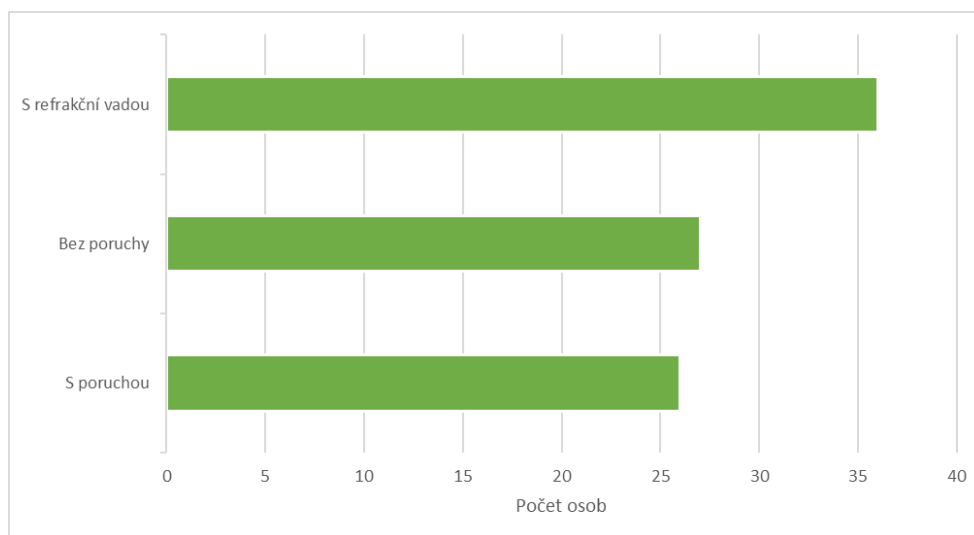
Z níže uvedeného grafu je zřejmé, že u největšího počtu zastoupených probandů byla prokázána refrakční vada spolu s vergenční poruchou. Druhá v pořadí byla skupina lidí, u které byla prokázána pouze refrakční vada. Následuje kategorie probandů, u kterých nebyla potvrzena

žádná refrakční vada ani vergenční porucha. Nejmenší množství vyšetřovaných je s vergenční poruchou bez přítomnosti refrakční vady.



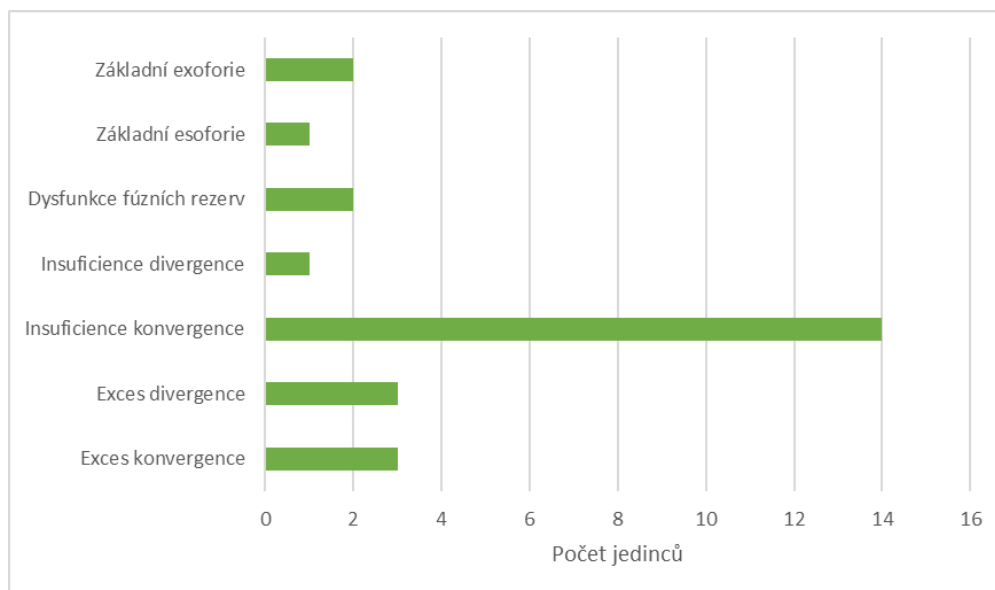
Obrázek 8 Výskyt refrakčních vad v kombinaci s poruchami

Celkem bylo nalezeno 49 % probandů, u kterých byla prokázána nějaká vergenční porucha. Z celkového počtu vyšetřovaných bylo 67 % zatíženo refrakční vadou.



Obrázek 9 Zastoupení refrakčních vad a vergenčních poruch

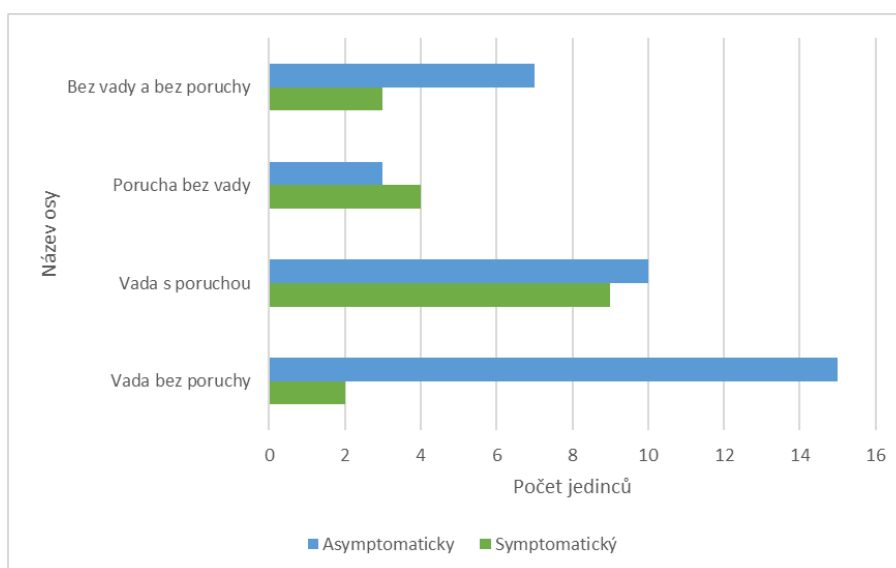
Nejvíce zastoupenou vergenční poruchou byla insuficience konvergence, a to u 55 % všech diagnostikovaných. Následoval exces konvergence a exces divergence, který byly zjištěny shodně u 12 % probandů. Dysfunkce fúzních rezerv a základní exoforie byla zastoupena shodně u 8 % diagnostikovaných. Nejmenší procentuální část tvoří insuficience divergence a základní esoforie, a to 4 % pro každou poruchu.



Obrázek 10 Výskyt jednotlivých vergenčních poruch

7.4.2.2 Výskyt symptomatických osob

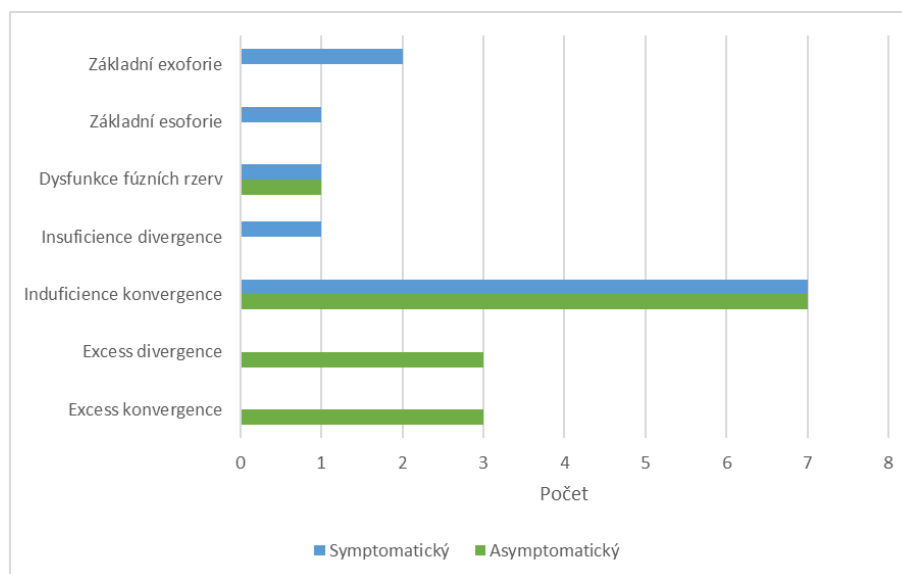
Jedním z rozhodujících faktorů diagnostiky byla přítomnost symptomů. Symptomy se objevovaly u všech skupin vyšetřovaných. Největší zastoupení bylo u lidí, u kterých byla diagnostikována vergenční porucha. V určité míře byly zaznamenány symptomy i u osob kteří, nejsou zatíženi ani refrakční vadou a ani nemají žádnou vergenční poruchu. Mezi symptomatickými lidmi se nacházeli i ti, kteří měli pouze refrakční vadu.



Obrázek 11 výskyt symptomatiky u jednotlivých kategorií

Z pohledu vergenčních poruch, se žádné symptomy nevyskytovaly u probandů, kteří měli exces divergence a konvergence. U základní esoforie, exoforie a insuficience divergence se

symptomy projevovaly vždy. Insuficience konvergence a dysfunkce fúzních rezerv měla 50% zastoupení symptomatických a asymptomatických osob.



Obrázek 12 Výskyt symptomatických jedinců u jednotlivých vergenčních poruch

7.4.3 Předpoklad 1

Cílem prvního předpokladu bylo porovnat odchylky u dvou diagnostických metod. Všechna tato data byla naměřená ve skupině 53 probandů. Vzhledem k tomu, že zjištěná data nelze porovnávat z důvodu používání různých metod, norem a jednotek, bylo nutné abych si vypočetla u každé metody odchylku od skutečnosti. Aby byla data možná mezi sebou porovnat.

Ke statistickému zhodnocení jsem využila software Microsoft Excel. Pomocí něj jsem využila test normality dat (Shapiro-Wilkův) test. Pomocí něj jsem zjišťovala, zda všechny tři soubory mají data s normálním rozdělením. Test data vyhodnotil tak, že ani jeden soubor nemá normální rozdělení.

Tabulka 7 Shapiro-Wilkův test pro předpoklad 1

	FR BO	FR BI	VF
W-statistika	0,898846	0,871721	0,908765
p-hodnota	0,000295	4E-05	0,000652
alpha	0,05	0,05	0,05
normalní	ne	ne	ne

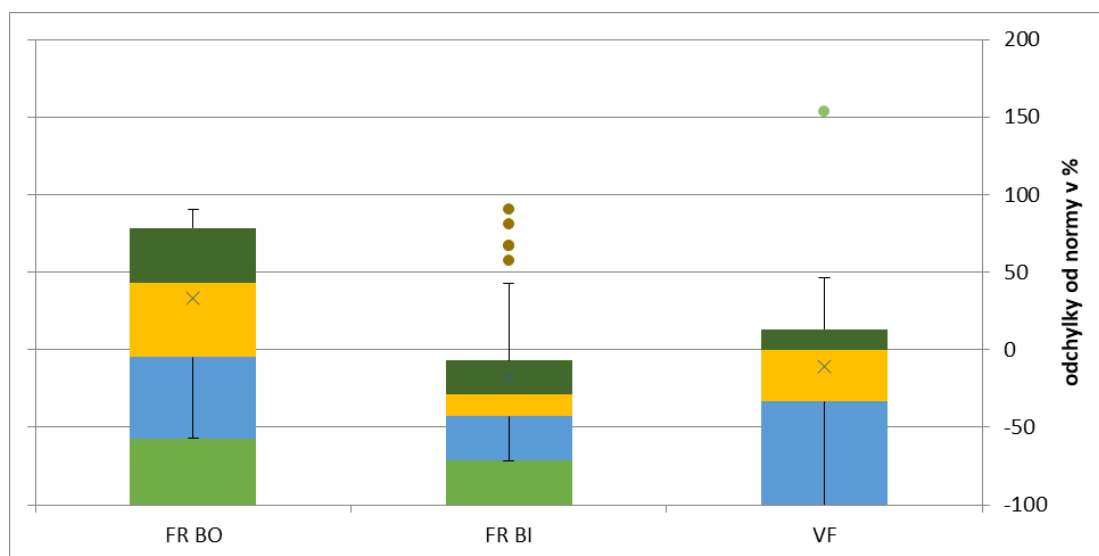
Proto jsem pro ověření shody využila neparametrický Kruskal-Wallisův test. Podle hodnoty mediánů z výběrového souboru jsme mohli usoudit, že u FR BO polovina pacientů má odchylku od normy buď zápornou, nebo maximálně 42,86 %. U fúzních rezerv BI má polovina pacientů

odchylku zápornou a maximálně rovnu $-28,57\%$. Naopak u vergenční facility má polovina pacientů odchylku od normy zápornou či nulovou. Vypočítaná hodnota p je menší než zvolená hladina významnosti $0,05$. Lze tedy říci, že odchylky od normy nejsou srovnatelné u všech sledovaných veličin.

Tabulka 8 Kruskal-Wallisův test pro předpoklad 1

	FR BO	FR BI	VF	
Medián	42,85714	-28,5714	0	
Rank suma	5745,5	3158,5	3816	
Počet	53	53	53	159
r^2/n	622844,7	188228,7	274752	1085825
H-stat				32,18181
H-ties				32,23253
df				2
p-hodnota				1,00E-07
alpha				0,05
sig				Ano

Z následujícího grafu můžeme vidět, že by mezi FR BO a ostatními dvěma veličinami je rozdíl. Protože FR BO má vyšší medián než ostatní skupiny. A také variabilita vyjádřená variačním rozpětím je vyšší než u ostatních veličin. Můžeme také vidět, že u FR BI je 5 odlehlých hodnot, kdy pacienti měli naměřenou hodnotu až o 90% větší, než je norma a u VF pak jedna hodnota odlehlá.



Obrázek 13 Porovnání odchylek u jednotlivých vyšetření

7.4.4 Předpoklad 2

Cílem předpokladu 2 bylo zhodnotit, zda se výsledky měření pozitivních a negativních fúzních rezerv shodují s hodnotami vyšetření vergenční facility.

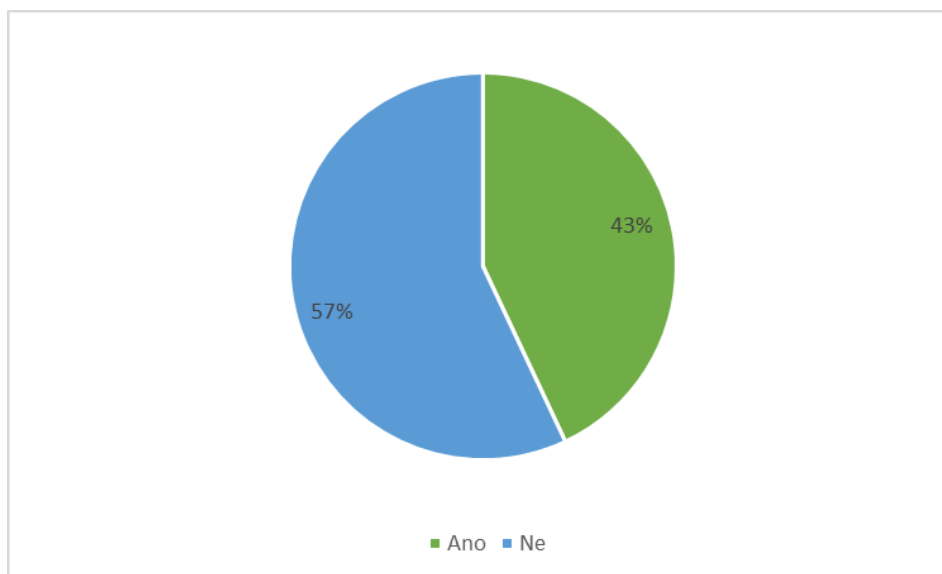
Pomocí testu na relativní četnost jsem určila hypotézu H_0 , která nám sdělovala, že podíl pacientů se shodou je $2/3$. K tomu jsem určila alternativu hypotézy H_1 , tj, že podíl pacientů se shodou je odlišný od $2/3$ shody. Test jsem prováděla na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Vypočítala jsem si hodnotu $P = 0,00033$. Jelikož p hodnota je menší, než zvolená hladina významnosti $0,05$, zamítám hypotézu H_0 . Podíl pacientů se shodou je nižší než původně předpokládané $2/3$. U tohoto souboru je shoda $43,4\%$. Tímto se můj předpoklad zamítá.

Následně jsem provedla test 95% intervalu spolehlivosti pro podíl pacientů se shodou, který mi vyhodnotil, že podíl pacientů se shodou se pohybuje mezi $30-57\%$.

Tabulka 9 Probandi, u kterých byla prokázána shoda u všech hodnot

Subjekt	VF 12 BO	VF 3 BI	FR BO	FR BI	Shoda
3	2,17	2,04	14	13	Ano
4	1,93	2,07	28	14	Ano
6	1,57	1,97	40	24	Ano
8	1,44	2,40	40	11	Ano
12	>59,59	>59,59	9	6	Ano
13	1,42	1,27	40	35	Ano
14	0,79	0,79	33	30	Ano
18	2,11	1,96	13	20	Ano
20	2,70	1,78	14	6	Ano
23	1,60	1,80	40	17	Ano
24	1,89	6,27	25	12	Ano
32	3,61	7,30	35	14	Ano
33	1,53	1,55	30	23	Ano
34	>59,59	> 59,59	11	10	Ano
36	1,75	4,82	35	13	Ano
37	1,62	2,22	15	9	Ano
41	1,40	1,95	40	24	Ano
42	1,69	1,62	40	19	Ano
44	1,68	2,00	38	11	Ano
47	2,92	5,23	12	10	Ano
49	1,66	1,50	40	38	Ano
50	1,96	1,21	38	19	Ano
52	1,91	1,75	20	33	Ano



Obrázek 14 Procentuální zastoupení shody pro všechny hodnoty

7.4.5 Předpoklad 3

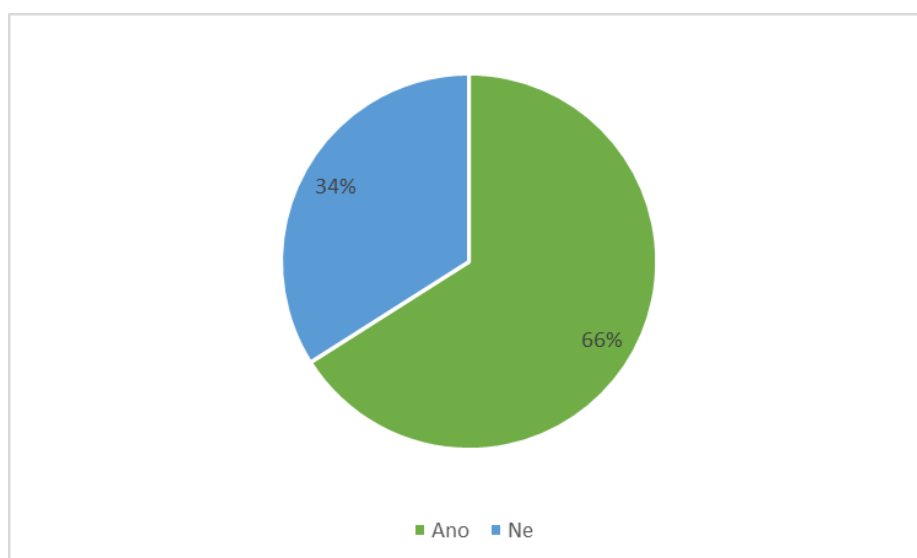
Cílem předpokladu 3 bylo zjistit, zda naměřené hodnoty pozitivních fúzních rezerv jsou ve shodě s naměřenou časovou odpovědí při předložení prizmatického hranolu o velikosti 12 pdpt BO u 2/3 vyšetřovaných.

Opět jsem využila test na relativní četnost. Jako hlavní hypotézu H_0 jsem určila tu, kde je podíl pacientů se shodou 2/3 vyšetřovaných a alternativní hypotézu H_1 , kde se podíl pacientů výrazně liší od 2/3. Výpočty byly prováděny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Vypočetla jsem hodnotu $p=0,9226243$. Z toho vyplývá, že hodnota p je vyšší než zvolená hladina významnosti $\alpha=0,05$. Nezamítám tedy hypotézu H_0 . Podíl pacientů se shodou je menší než 2/3. U našeho souboru je shoda 66 %. Můj předpoklad je potvrzen. Podle 95% intervalu spolehlivosti se podíl pacientů se shodou pohybuje mezi 53 – 79 %.

Tabulka 10 Probandi se shodou pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO

Subjekt	VF 12 BO	FR BO	Shoda
1	1,44	40	Ano
2	2,18	12	Ano
3	2,17	14	Ano
4	1,93	28	Ano
6	1,57	40	Ano
7	1,74	35	Ano
8	1,44	40	Ano
11	1,63	35	Ano
12	> 59,59	9	Ano
13	1,42	40	Ano

14	0,79	33	Ano
16	1,84	38	Ano
17	1,72	35	Ano
18	2,11	13	Ano
20	2,70	14	Ano
22	1,52	40	Ano
23	1,60	40	Ano
24	1,89	25	Ano
26	2,10	14	Ano
27	1,75	33	Ano
28	4,25	13	Ano
29	1,83	40	Ano
33	1,53	30	Ano
34	> 59,59	11	Ano
35	1,55	22	Ano
36	1,75	35	Ano
37	1,62	15	Ano
41	1,40	40	Ano
42	1,69	40	Ano
44	1,68	38	Ano
47	2,92	12	Ano
49	1,66	40	Ano
50	1,96	38	Ano
51	1,86	30	Ano
52	1,91	20	Ano



Obrázek 15 Procentuální zastoupení shody pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO

7.4.6 Předpoklad 4

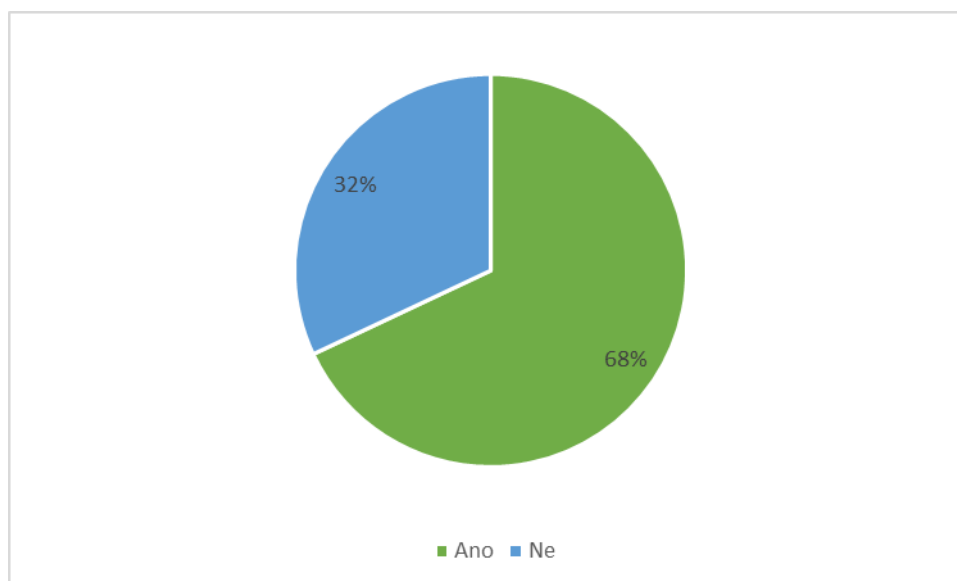
Cílem předpokladu 4 bylo zjistit, zda naměřené hodnoty negativních fúzních rezerv jsou ve shodě s naměřenou časovou odpovědí při předložení prizmatického hranolu o velikosti 3 pdpt BI u 2/3 vyšetřovaných.

Opět jsem využila test na relativní četnost. Jako hlavní hypotézu H_0 jsem určila tu, kde je podíl pacientů se shodou 2/3 vyšetřovaných a alternativní hypotézu H_1 , kde se podíl pacientů výrazně liší od 2/3. Výpočty byly prováděny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Vypočetla jsem hodnotu $p = 0,194257$. Z toho vyplývá, že hodnota p je vyšší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Nezamítám tedy hypotézu H_0 . Podíl pacientů se shodou je vyšší než 2/3. U našeho souboru je shoda 68 %. Můj předpoklad je potvrzen. Podle 95% intervalu spolehlivosti se podíl pacientů se shodou pohybuje mezi 55 – 80%.

Tabulka 11 Probandi se shodou negativních fúzních rezerv a hranolu 3 BI

Subjekt	VF 3 BI	FR BI	Shoda
3	2,04	13	Ano
4	2,07	14	Ano
6	1,97	24	Ano
8	2,40	11	Ano
9	2,09	14	Ano
10	4,55	12	Ano
12	>59,59	6	Ano
13	1,27	35	Ano
14	0,79	30	Ano
15	2,26	8	Ano
18	1,96	20	Ano
19	2,62	8	Ano
20	1,78	6	Ano
23	1,80	17	Ano
24	6,27	12	Ano
25	1,53	17	Ano
30	2,63	13	Ano
31	2,04	15	Ano
32	7,30	14	Ano
33	1,55	23	Ano
34	>59,59	10	Ano
36	4,82	13	Ano
37	2,22	9	Ano
38	2,60	16	Ano
40	3,77	14	Ano
41	1,95	24	Ano
42	1,62	19	Ano
43	2,57	15	Ano

44	2,00	11	Ano
45	1,29	17	Ano
47	5,23	10	Ano
48	2,09	12	Ano
49	1,50	38	Ano
50	1,21	19	Ano
52	1,75	33	Ano
53	2,37	14	Ano



Obrázek 16 *Procentuální zastoupení shody pro negativní fúzní rezervy a hranol 3 BI*

7.4.7 Předpoklad 5

Cílem předpokladu 5 bylo zjistit, zda u pacientů, kteří budou mít nízké fúzních rezerv, budou mít zároveň i pomalejší odpověď při předložení prizmatického hranolu o hodnotě 12 pdpt BO a pacientů, kteří budou mít nízké hodnoty negativních fúzních rezerv bude pomalejší odpověď při předsazení prizmatického hranolu o hodnotě 3 pdpt BI u měření vergenční facility.

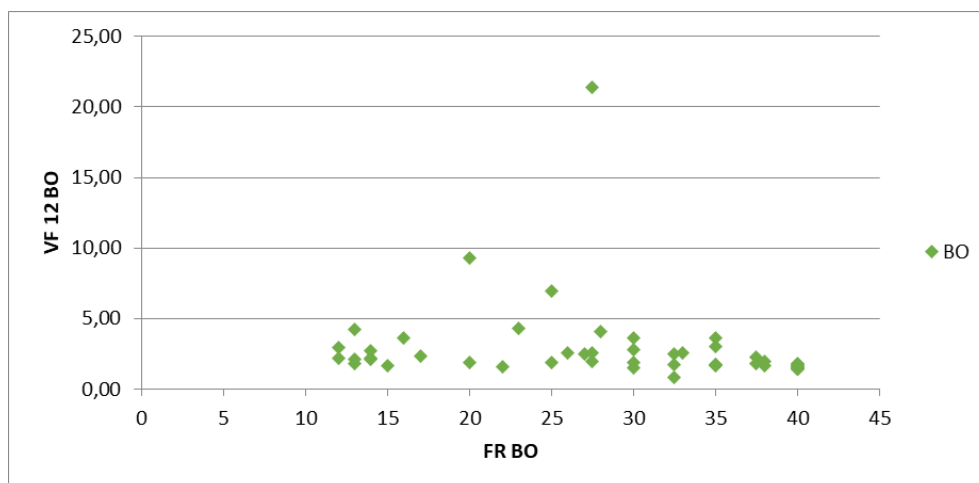
Pomocí Shapiro-Willkova testu na normalitu, jsem zjistila, že ani jeden soubor nemá normální rozdělení dat. Abych zjistila, zda mezi sledovanými veličinami existuje nějaká souvislost, tak jsem využila neparametrický Spearmanův korelační koeficient, který není ovlivnitelný extrémními hodnotami v datech.

Tabulka 12 Shapiro-Willkúv test pro předpoklad 5

	VF 12 BO	FR BO	VF 3 BI	FR BI
W-statistika	0,428864	0,893571	0,682999	0,865376
p-hodnota	8,37E-13	0,000258	3,27E-09	3,54E-05
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05
normalní	ne	ne	ne	ne

Pro porovnání pozitivních fúzních rezerv a prizmatického hranolu o hodnotě 12 pdpt BO hodnota korelačního koeficient naznačovala, že zde může existovat středně silná nepřímá pořadová korelace. Statistickou domněnku jsem ověřila testem významnosti korelačního koeficientu. Testovala jsem na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

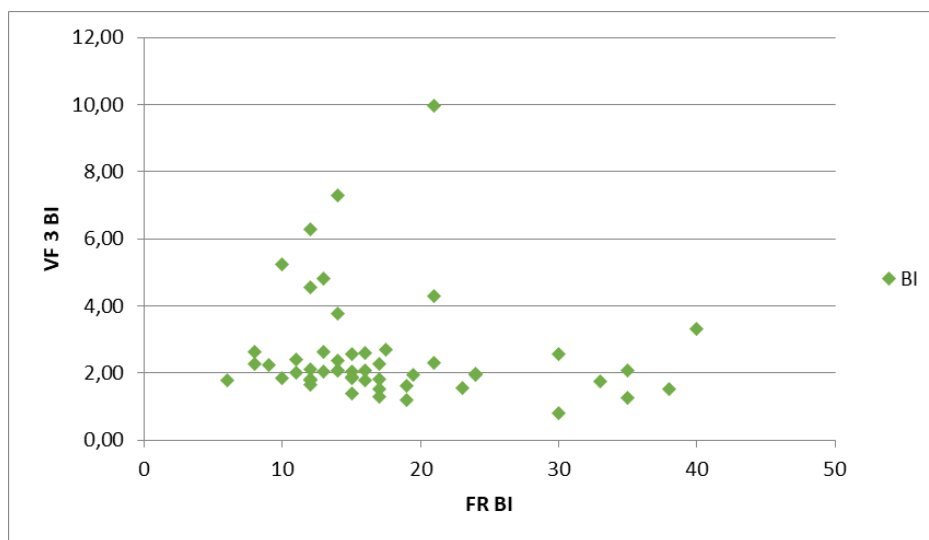
Vzhledem k tomu, že hodnota p byla významně nižší než hladina významnosti, prokázala se středně silná pořadová korelace mezi hodnotami pozitivních fúzních rezerv a předloženého prizmatického hranolu 12 pdpt BO. To znamená, že čím jsou hodnoty fúzních rezerv nižší, tím se odpověď na prizmatický hranol prodlužuje.



Obrázek 17 Bodový graf pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO

Pro porovnání negativních fúzních rezerv a prizmatického hranolu o hodnotě 3 pdpt BI hodnota korelačního koeficientu naznačovala, že zde může existovat slabá nepřímá pořadová korelace. Statistickou domněnku jsem ověřila testem významnosti korelačního koeficientu. Testovala jsem na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

Vzhledem k tomu, že hodnota p byla významně vyšší než hladina významnosti, neprokázala se významná pořadová korelace mezi hodnotami negativních fúzních rezerv a předloženého prizmatického hranolu 3 pdpt BI. Protože byla hodnota p velmi těsně nad hladinou významnosti je možné, že kdybychom měli větší množství vyšetřených, mohla by se závislost prokázat.



Obrázek 18 Bodový graf pro negativní fúzní rezervy a hranol 3 BI

7.5 Diskuze

Měření vergenční facility probíhalo pouze na blízkou vzdálenost, a to z toho důvodu, že zatím pro vyšetření vergenční facility na dálku není potvrzená nebo doporučená žádná konkrétní kombinace prizmatických hranolů. S ohledem na diagnostiku vergenčních poruch bylo na blízkou vzdálenost potvrzeno, že nejlepší variantou je 12 dpdt BO a 3 pdpt BI.

Když využíváme vyšetření vergenční facility pro diagnostiku vergenčních poruch, je potřeba, abychom se zaměřili na více parametrů. Prokázali jsme, že ve většině případů hodnoty fúzních rezerv odpovídají v daném směru výsledkům vyšetření vergenční facility. Také jsme potvrdili, že pokud jsou hodnoty fúzních rezerv velmi vysoké, může být reakce na předložený prizmatický hranol rychlejší, než když jsou fúzní rezervy v normě.

Na základě našeho výzkumu lze říci, že zjišťování vergenční facility jako alternativy k vyšetření fúzních rezerv do blízka nelze použít bez výhrad. Ovšem, v mnoha parametrech jsou obě metody ve shodě. V předpokladech postavených na empirickém fundamentu z praxe (při absenci dostupných studií), se výsledky blížily stanovenému kritériu dvoutřetinové shody mezi oběma technikami.

Naměřené hodnoty fúzních rezerv někdy ukazovaly významně vyšší hodnoty. U hodnocení tohoto testu bychom měli vzít v úvahu věk probandů a denní dobu vyšetření. Je známo, že denní

doba vyšetření může mít špatný vliv na celkový refrakční stav pacientů, tedy, že naměřené hodnoty v jinou denní dobu se mohou lišit. Vliv na výsledky měření lze také přičíst časové náročnosti vyšetření. Vysoké hodnoty fúzních rezerv také evokují myšlenku na riziko suprese do blízka. To jsme v našem výzkumu zredukovali poctivou kontrolou fúze do blízka v průběhu testování.

8. Závěr

V teoretické části bakalářské práce jsem se věnovala anatomickým předpokladům pro správnou funkci binokulárního vidění. Představila jsem vergenční poruchy a možnostem jejich diagnostiky za pomoci několika osvědčených testů. Dále jsem představila možnosti vyšetření vergenční facility, jejího tréninku a možnosti jejího zlepšení.

V praktické části jsem se věnovala samotnému vyšetření vergenční facility a fúzních rezerv. Vytvořila jsem refrakční kartu a stanovila jsem si přesnou metodiku, kterou jsem při vyšetření dodržovala. Následně jsem naměřené hodnoty statisticky vyhodnotila a potvrdila či vyvrátila předem stanovené předpoklady.

Výzkumnou otázkou bylo, zda lze použít zjištění výsledků vergenční facility jako alternativu k vyšetření fúzních rezerv. Porovnáním výsledků jednotlivých předpokladů bylo zjištěno, že obě metody nelze plnohodnotně nahradit. Přesto lze soudit, že v mnoha ohledech se výsledky obou technik překrývají a vedou za podpory dalších nálezů ke stejným diagnostickým závěrům.

Seznam použité literatury

- [1] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [2] HORNOVÁ, Jara. Oční propedeutika. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [3] ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. Ilustroval Ivan HELEKAL. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-140-2.
- [4] HEISSIGEROVÁ, Jarmila. Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu. 2. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Maxdorf, [2021]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-704-4.
- [5] P. RIORDAN-EVA, J. J. AUGSBURGER: General ophthalmology 19th edition. McGraw Hill / Medical October 2010. ISBN 978-0071843539
- [6] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [7] KRAUS, Hanuš. Kompendium očního lékařství. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1.
- [8] STIDWILL, David a Robert FLETCHER. Normal Binocular Vision: Theory, Investigation and Practical Aspects. Wiley-Blackwell, October 2010. ISBN 978-1-405-19250-7.
- [9] 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.
- [10] EVANS, Bruce J. W. Pickwell's binocular vision anomalies. 5th ed. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, c2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [11] HOWARD, Ian P. a Brian J. ROGERS. Binocular Vision and Stereopsis. New York: Oxford University press, 1995. ISBN 0-19-508476-4.
- [12] ELLIOTT, David B. Clinical procedures in primary eye care. 4th ed. Philadelphia: Saunders, 2014. ISBN 978-0-7020-5194-4.
- [13] EPERJESI, Frank a Michelle M. RUNDSTRÖM. Practical Binocular Vision Assessment. Butterworth-Heinemann, 2004. ISBN 978-0-7506-5010-6.

- [14] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7. Seznam použité literatury 30
- [15] DIVIŠOVÁ, Gabriela. Strabismus. 2. upravené vydání. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1979. ISBN 80-201-0037-7.
- [16] HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-530-3.
- [17] FALHAR, Martin a kol. 21 kroků vyšetření binokulárního vidění. 2016. Dostupné také z: <http://www.optikarium.cz/21VBV.pdf>
- [18] PŘEMYSL, Kučera. Binokulární vidění, základy ortoptiky. Přednáška ČVUT FBMI. 2022.
- [19] The influence of vergence facility on binocular eye movements during reading. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/fullrecord/WOS:000523260000009>
- [20] Vergence facility: Establishing clinical utility. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000076524500015>
- [21] Assessment of vergence facility in a sample of older adults with presbyopia. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/fullrecord/WOS:000077119100020>
- [22] Analysis of the vergence facility test using different prismatic dioptric powers. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/fullrecord/WOS:000728683800001>
- [23] Vergence Exercises for Six Weeks Induce Faster Recovery of Convergence Insufficiency Than Accommodation Exercises in School Children. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/fullrecord/WOS:000685196300016>
- [24] Changes in vergence and accommodation parameters after smartphone use in healthy adults. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000658809500027>

- [25] Accommodation and vergence status among the 3rd and 4th graders in a mainstream school in Gauteng. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000435032800004>
- [26] Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. Web of Science. [online]. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000225144600007>
- [27] Training Vergence Facility with 5 pd BI / 15 pd BO loose prism. ResearchGate | Find and share research [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/346427246_Training_Vergence_Facility_with_5_pd_BI_15_pd_BO_loose_prism
- [28] Fúzní rezervy. Česká oční optika [online]. 2016, 80(01), 14-17 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2016_01.pdf
- [29] Fúzní rezervy a jejich nepřímé měření. Česká oční optika [online]. 2016, 80(01), 14-17 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2016_03.pdf
- [30] Is there a relationship between prism fusion range and vergence facility? [online]. Dostupné z: <http://semanticscholar.org/paper/Is-there-a-relationship-between-prism-fusion-range-and-vergence-facility-Melville-Firth/b1cd67aa9b3435128cedc1ef0ffdbbeab364>

Seznam zkratk

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
cm	Centimetr
dpt	Dioptrie
FR	Fúzní rezervy
JBV	Jednoduché binokulární vidění
NFR	Negativní fúzní rezervy
NPC	Near point of accommodation (blízký bod akomodace)
pD	Prismatická dioptrie
PFR	Pozitivní fúzní rezervy
VFR	Vertikální fúzní rezervy
BO	Base out
BI	Base in
VF	Vergenční facilita
AC/A	Poměr akomodační konvergence ku akomodaci
CA/C	Poměr konvergenční akomodace ku konvergenci
AA	Akomodační amplituda
IK	Insuficience konvergence
ID	Insuficience divergence
DFR	Dysfunkce fúzních rezerv
EK	Exces konvergence
ED	Exces divergence
ZEXO	Základní exoforie
ZESO	Základní esoforie
BP	Bez poruchy

Seznam obrázků

Obrázek 1 <i>Okohybné svaly, pohled z temporální strany [1]</i>	5
Obrázek 2 <i>Okohybné svaly, pohled shora [1]</i>	6
Obrázek 3 <i>Oční pohyby [4]</i>	7
Obrázek 4 <i>Vyšetření vergenční facility [9]</i>	16
Obrázek 5 <i>Analytický přístup pro klasifikaci vergenčních poruch – vlastní zpracování [9]</i> ...	21
Obrázek 6 <i>Procentuální zastoupení probandů podle pohlaví</i>	24
Obrázek 7 <i>Zastoupení probandů podle věku</i>	24
Obrázek 8 <i>Výskyt refrakčních vad v kombinaci s poruchami</i>	26
Obrázek 9 <i>Zastoupení refrakčních vad a vergenčních poruch</i>	26
Obrázek 10 <i>Výskyt jednotlivých vergenčních poruch</i>	27
Obrázek 11 <i>Výskyt symptomatiky u jednotlivých kategorií</i>	27
Obrázek 12 <i>Výskyt symptomatických jedinců u jednotlivých vergenčních poruch</i>	28
Obrázek 13 <i>Porovnání odchylek u jednotlivých vyšetření</i>	29
Obrázek 14 <i>Procentuální zastoupení shody pro všechny hodnoty</i>	31
Obrázek 15 <i>Procentuální zastoupení shody pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO</i>	32
Obrázek 16 <i>Procentuální zastoupení shody pro negativní fúzní rezervy a hranol 3 BI</i>	34
Obrázek 17 <i>Bodový graf pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO</i>	35
Obrázek 18 <i>Bodový graf pro negativní fúzní rezervy a hranol 3 BI</i>	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 Funkce okohybných svalů a jejich inervace [4]	6
Tabulka 2 Očekávané hodnoty pro diagnostiku vergenčních poruch – vlastní zpracování [9] 20	
Tabulka 3 Očekávané hodnoty horizontálních fúzních rezerv [9]	20
Tabulka 4 Vztah naměřené disociované fórie do dálky a blízka – vlastní zpracování [9]	21
Tabulka 5 Naměřené hodnoty diagnostických testů.....	25
Tabulka 6 Naměřené hodnoty vergenční amplitudy	25
Tabulka 7 Shapiro-Wilkův test pro předpoklad 1	28
Tabulka 8 Kruskal-Wallisův test pro předpoklad 1	29
Tabulka 9 Probandi, u kterých byla prokázána shoda u všech hodnot.....	30
Tabulka 10 Probandi se shodou pro pozitivní fúzní rezervy a hranol 12 BO	31
Tabulka 11 Probandi se shodou negativních fúzních rezerv a hranolu 3 BI.....	33
Tabulka 12 Shapiro-Willkův test pro předpoklad 5	35

Příloha A: Refrakční karta

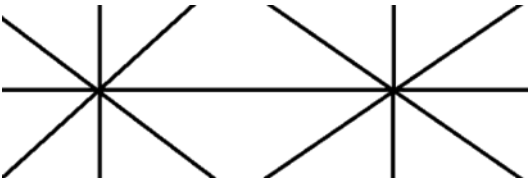
Číslo subjektu:	Datum:	
Iniciály:	Pohlaví:	Věk:

Anamnéza

Poslední vyšetření zraku:	Předchozí korekce:
Celková osobní:	Celková rodinná:
Oční osobní:	Oční rodinná:
Pracovní:	Digitální zařízení:
Léky:	Řidič:

Objektivní refrakce:	PD	VD
P: Sph Cyl Ax		
L: Sph Cyl - Ax		

Visus naturalis:			Habiturní visus:		
PO:	LO:	BINO:	PO:	LO:	BINO:

Cover testy		Motilita
Cover-uncover	D:	
	B:	
Cross-cover	D:	
	B:	

Fúze		Stereopse	
------	--	-----------	--

Monokulární refrakce:	Vis_{mono}	Vis_{bino}
P: Sph Cyl Ax		

L:	Sph	Cyl	Ax		
----	-----	-----	----	--	--

Binokulární refrakce:				Vis _{mono}	Vis _{bino}	Vis _{blízko}	
P:	Sph	Cyl	Ax				
L:	Sph	Cyl	Ax				

	Asociovaná forie (D-ručičkový test, B-Malletův test)		Disociovaná forie (D-Maddoxův test, B-Thoringtonův test)	
	Horizontální	Vertikální	Horizontální	Vertikální
Dálka				
Blízko				

Horizontální fúzní rezervy	Báze: (pD)	P:	L:
Dálka	BO		
	BI		
Blízko	BO		
	BI		

NPC (cm)		NPA (cm)	
----------	--	----------	--

Vergenční facilitita:

--

Poznámky:

Souhlasím s využitím dat, zjištěných při vyšetření studentkou Magdalénou Zbořilovou pro účel bakalářské práce.

Podpis

Příloha B: Tabulka diagnostiky vergenčních poruch

Subjekt	Cover testy	Disociovaná fórie	NPC	FR BO D	FR BI D	FR BO B	FR BI B	VF	AA	Porucha
1	Neg./Neg.	5pD BO/ -	<5	33	8	40	15	21	10	BP
2	Neg./Neg.	1pD BI/1pD BI	10/13	25	8	12	15	15	10	B
3	Neg./Neg.	5pD BO/12pD BO	<5	9	4	14	13	22	12,5	EK
4	Exo/Exo	3pD BI/17pD BI	12/15	16	5	28	14	12	6,5	IK
5	Eso/Eso	2pD BO/ -	9/13	23	7	38	18	12	10	BP
6	Neg./Neg.	11pD BI/ 12pD BI	<5	26	15	40	24	17	10	BP
7	Exo/Eso	1pD BI/15pD BO	14/18	35	8	35	12	17	10	EK
8	Exo/Exo	-/5,25 BI	<5	25	5	40	11	16	11	BP
9	Eso/Eso	8pD BO/4,5pD BO	12/14	25	10	30	14	1	10	ID
10	Neg./Neg.	2pD BO/2pD BO	<5	30	1	33	12	10	7,5	BP
11	Neg./Neg.	2pD BO/3pD BI	<5	16	8	35	16	15	14	BP
12	Neg./Exo	- / 3pD BI	10/12	11	2	9	6	0	11	DFR
13	Neg./Exo	- /4pD BI	5/9	12	2	40	35	18	10	IK
14	Exo/Exo	1pD BI/3pD BI	8/10	21	5	33	30	38	11,5	BP
15	Neg./Exo	1pD BI/6pD BI	6/15	7	5	26	8	12	13	IK
16	Exo/Exo	-/6pD BI	8/11	20	4	38	16	15	11	IK
17	Neg./Neg.	0,5pD BO/ -	6,5/7,5	20	5	35	30	10	11	BP
18	Neg./Neg.	2pD BO/1pD BI	<5	14	10	13	20	15	7	BP
19	Neg./Neg.	0,5pD BI/ 1pD BI	9/14	13	4	28	8	2	9	BP
20	Exo/Eso	6pD BI/12pD BO	<5	8	9	14	6	16	9	EK
21	Neg./Neg.	3pD BI/6pD BI	6,5/12	20	3	28	12	14	10	BO
22	Neg./Exo	- /6pD BI	7/9	9	5	40	40	13	10,5	IK
23	Exo/Neg.	5pD BI/ -	7/9	40	6	40	17	18	12,5	ED
24	Neg./Eso	3pD BO/1,5pD BO	8/10	14	4	25	12	8	14	BP
25	Neg./Neg.	3pD BO/ -	6/7	10	2	30	17	12	16,5	ED
26	Exo/Exo	- / -	7/14	13	4	14	35	14	10	BP
27	Neg./Neg.	2pD BO/10pD BO	7/8	28	8	33	10	17	10	BP
28	Neg./Exo	1pD BI/5pD BI	16/36	9	7	13	17	9	10	IK
29	Neg./Neg.	- /3pD BI	10/15	16	8	40	12	17	9	BP
30	Neg./Neg.	1pD BI/6pD BI	<5	5	3	25	13	6	11	IK
31	Eso/Exo	1pD BO/5pD BI	6/14	6	5	17	15	14	10	IK
32	Neg./Neg.	- / -	10/13	8	6	35	14	7	10	BP
33	Exo/Exo	1,5pD BI/3pD BI	9/13	20	6	30	23	19	8	BP
34	Exo/Exo	12pD BI/9pD BI	<5	7	7	11	10	0	7	ZEXO
35	Neg./Exo	- /4,25pD BI	8/10	19	8	22	21	15	12,5	IK

36	Eso/Eso	13,5pD BO/12,5pD BO	<5	35	12	35	13	10	10	ZESO
37	Exo/Exo	- /3,5pD BI	12/17	15	10	15	9	16	8	BP
38	Neg./Exo	1,25pD BI/ -	6/8	10	7	28	16	9	8	ED
39	Neg./Exo	1pD BI/8pD BI	8/15	11	5	23	21	7	16	IK
40	Neg./Neg.	2pD BI/2,5pD BI	10/12	18	7	13	14	11	9	BP
41	Neg./Neg.	1pD BO/4pD BO	9/11	33	6	40	24	17	8	BP
42	Neg./Neg.	- / -	5/7	35	6	40	19	16	9	BP
43	Neg./Exo	2pD BI/10pD BI	9/14	30	8	33	15	12	12,5	IK
44	Neg./Exo	- /6,5pD BI	10/12	21	4	38	11	16	6,5	IK
45	Neg./Neg.	1,5pD BI/ -	<5	33	10	35	17	15	10	BP
46	Exo/Exo	- /3pD BI	7/9	40	12	20	21	3	10	BP
47	Neg./Neg.	0,5pD BI/8,5pD BI	9/13	8	6	12	10	8	9	IK
48	Eso/Eso	- /3pD BO	9/12	10	6	16	12	10	7,5	DFR
49	Neg./Neg.	- / -	7/11	9	6	40	38	19	12,5	BP
50	Neg./Exo	- /5pD BI	9/10	18	7	38	19	17	10	BP
51	Exo/Exo	- / 2pD BI	7/10	28	8	30	15	15	7,5	BP
52	Neg./Neg.	1pD BI/4pD BI	5/6	25	6	20	33	16	11	BP
53	Neg./Neg.	- /4pD BO	<5	23	6	27	14	12	14	BP