

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI  
KATEDRA OPTIKY

# **BINOKULÁRNÍ REFRAKČNÍ ANOMÁLIE**

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Barbora Vančurová

Obor: 5345R008 Optometrie

Studijní rok: 2014/2015

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

### **Čestné prohlášení**

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

V Olomouci dne 4. května 2015

.....  
Barbora Vančurová

### **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu práce RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D., za rady, připomínky a za čas, který mi věnoval při psaní této práce.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>5</b>
<b>1 ANIZOMETROPIE.....</b>	<b>6</b>
1.1 Prevalence.....	6
1.2 Příznaky anizometropie.....	7
1.3 Klasifikace .....	7
<b>2 ANIZEIKONIE .....</b>	<b>11</b>
2.1 Pacienti se zvýšeným rizikem anizeikonie .....	11
2.2 Příznaky.....	11
2.3 Klasifikace .....	12
<b>3 VYŠETŘENÍ ANIZEIKONIE.....</b>	<b>14</b>
3.1 Eikonometrie.....	14
3.1.1 Prostorový eikonometr .....	14
3.1.2 Eikonometr Ogle-Amesův .....	16
3.1.3 Brecherův eikonometr .....	17
3.1.4 Maddoxův eikonometr .....	18
3.1.5 Ames-Glidonův standartní eikonometr .....	19
3.1.6 Bleskový eikonometr.....	21
3.2 Srovnávací testy.....	22
3.2.1 Izeikonické čočky .....	22
3.2.2 Srovnávání diplopických obrazů.....	22
3.2.3 Alternativní zakrývací test.....	23
3.2.4 Turvillův test.....	23
3.2.5 Test s Maddoxovým cylindrem .....	24
3.2.6 Hákový test anizeikonie .....	24
3.2.7 New anizeikonía test .....	24
3.2.8 Anizeikonía inspektor .....	25
<b>4 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ ANIZOMETROPIE A ANIZEIKONIE .....</b>	<b>26</b>
4.1 Korekce brýlemi.....	26
4.1.1 Zvětšení brýlových čoček.....	27
4.1.2 Úprava korekčních hodnot.....	33
4.2 Korekce kontaktními čočkami .....	33
4.3 Refrakční chirurgie.....	34
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>35</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	

## ÚVOD

Tématem této bakalářské práce jsou Binokulární refrakční anomálie, kam řadíme anizometrii a anizeikonii. Anizometropie je rozdílný refrakční stav obou očí, kdy nízká anizometropie je běžná a nezpůsobuje problémy. Naopak vysoká anizometropie už může způsobovat problémy, např. může vést k amblyopii a poklesu binokulárních funkcí. Anizometrii lze dělit různými způsoby, ale z klinického hlediska mají největší význam anizometropie myopická a hypermetropická. Podstatný význam má také anizometropie amblyopická. Dalším problémem, který může nastat při korekci anizometropie, je indukovaná anizeikonie. Je to stav, kdy obraz jednoho oka je vnímán v odlišné velikosti nebo tvaru v porovnání s obrazem druhého oka.

Cílem této práce je tedy teoreticky se seznámit s problematikou anizometropie a anizeikonie. Nejdříve si obecně definujeme anizometrii, její příčiny, příznaky, klasifikaci a následně i anizeikonii. V další části se budeme zabývat vyšetřením anizeikonie, kterou můžeme vyšetřovat pomocí eikonometrů nebo srovnávacích testů jenž, jsou založené na porovnávání velikosti dvou obrazů. Anizeikonie se potom projeví jejich odlišnou velikostí. V závěru této práce se budeme věnovat možnostem řešení, kdy anizometrii můžeme korigovat jak brýlemi, tak i kontaktními čočkami nebo také refrakční chirurgií. Nevýhodou brýlové korekce je, že navozuje prizmatický efekt a indukovanou anizeikonii, zatímco kontaktní čočky tyto potíže eliminují. Indukovanou anizeikonii lze řešit zvětšením brýlových čoček, kterého je možné dosáhnout pomocí změny parametrů brýlové čočky např.: změnou vrcholové vzdálenosti, změnou fazety, změnou tloušťky čočky nebo změnou optické mohutnosti předního povrchu čočky.

# 1 ANIZOMETROPIE

Anizometropie je slovo řeckého původu (AN - ne, IZO - stejná, METRO - míra, OPIA – vidění). Je to tedy rozdílný refrakční stav obou očí, kdy se dioptrické hodnoty na pravém a levém oku liší. Jestliže je akomodace stimulována, tak akomodační odezva je na obou očích stejná. V případě že je jedno oko myopické a druhé hypermetropické jedná se o stav, který je nazýván antimetropie. [1 - 3]

Anizometropie přes 1,5 D výrazně zvyšuje riziko amblyopie a pokles binokulárních funkcí. Vysoká anizometropie může být spojena s hlubší amblyopií nebo stereopsí. Pokud anizometropie nastane u mladých pacientů, a zvláště před šestým rokem života, kdy zrakový systém ještě není pevně stanovený, může být přítomná amblyopie. V těchto případech je často vidění dobré na jednom oku, takže anizometropie a snížené vidění na druhém oku není zjištěno. Jestliže existuje nekorigovaná anizometropie, bude nemožné, aby měly obě oči ostrý obraz na sítnici ve stejný čas. Z toho vyplývá, že má-li pacient dosáhnout maximální zrakové ostrosti na každém oku, musí být měřitelný rozdíl v refrakci plně korigován. [2,4]

V další části této kapitoly se budeme věnovat prevalencí, příznaky a dělení anizometropie.

## 1.1 Prevalence

Z celkové klinické populace jen asi 10 % dospělých má více než 1 D. Častěji se vyskytuje u starších věkových skupin a prevalence je vyšší u osob s myopií. Prevalence výskytu anizometropie podle typu je přibližně 55 % myopická, 35 % hypermetropická a 10 % antimetropická. [5]

Hirsch [6] zjistil, že střední a vysoká anizometropie se vyskytuje v 2,5 % u dětí ve věku 5 až 7 let, ale její výskyt se zvyšuje u dětí ve věku 16 až 19 let na 5,6 %. Nekorigovaná střední až vysoká hypermetropická anizometropie vede ke vzniku amblyopické anizometropie. [2]

U anizometropie rozlišujeme dvě složky vertikální a horizontální, kdy vertikální složka působí větší problémy. 12 % pacientů má střední až vysokou vertikální anizotropii. U pacientů nad 60 let je obvyklá anizometropie vzhledem k indexové myopii a může se vyvinout až na 5 dioptrií i více. [2]

## 1.2 Příznaky anizometropie

Anizometropie je obvykle vrozená a často bez výrazných subjektivních příznaků. Děti si často nejsou vědomy toho, že jejich vidění je abnormální. Nežádoucí jevy mohou být eliminovány adaptačními procesy (suprese, následná amblyopie atd.) Můžeme také upozorovat větší tendenci k šilhání, protože binokulární funkce mohou zůstat nevyvinuté. Potíže nejčastěji nastávají až při korekci, kdy může dojít k rozdílnému prizmatickému efektu nebo navození anizeikonie (viz kap.: 2; 4.1). [7]

Pokud člověk s anizometropií nikdy nenesl brýle nebo kontaktní čočky nebude mít žádné příznaky. Zde si uvedeme dva poněkud extrémní příklady:

1. Dítě nebo mladý dospělý má jedno oko, které je v podstatě emetropické a druhé je myopické. Předpokládejme, že refrakce na pravém oku bude +0,5 D a na levém -3 D. V této situaci pravé oko bude mít jasné vidění do dálky a levé oko bude mít jasné vidění do blízka. Dítě si nemusí být ani vědomo nějakého problému. Občas se stává, že člověk může dosáhnout presbyopických let, aniž by si uvědomil, že je tam nějaký problém, protože bude mít vytvořené monovision, kdy je jedno oko používáno do dálky a druhé do blízka.
2. Dále uvažujeme případ, kdy je jedno oko v podstatě emetropické a druhé hypermetropické. Předpokládejme, že refrakce na pravém oku je +0,5 D a na levém +3 D. Dítě musí používat téměř emetropické oko do dálky i do blízka, jelikož oko s +3 D bude vyžadovat větší akomodaci v každé vzdálenosti než oko s +0,5 D. Jestliže anizometropie zůstane nekorigovaná během prvních pěti nebo šesti let života, může dojít k amblyopii ex anopsii (špatné vidění z nepoužívání). [1]

## 1.3 Klasifikace

Anizometropii můžeme dělit různými způsoby podle refrakční vady, podle příčiny a podle velikosti. Jednotlivé dělení si uvedeme a dále popíšeme. Zvláštním typem anizometropie, které se také budeme věnovat a neřadíme ji do žádných z uvedených dělení je amblyopická anizometropie.

Podle příčiny lze v souladu s publikací [3] anizometropii dělit na:

- **Systémovou** (refrakční) – nastává v případě stejné délky oka při různých lomivostech optických prostředí.

- **Osovou** (axiální) – dochází k ní, jestliže bude při stejné lomivosti optických prostředí různá délka oka.
- **Smíšenou** – je kombinací systémové a osově anizometropie.

Podle velikosti můžeme anizometropii dělit v souladu s publikací [2] na:

- **Lehkou** (0,25 – 0,75 D)
- **Střední** (1,0 – 2,0 D)
- **Vysokou** (2,25 a vyšší)

Poslední typ dělení anizometropie podle refrakční vady lze v souladu s publikací [3] dělit na:

- **Myopická** – jedná se o anizometropii, kdy jsou obě oči postižené myopickou refrakční vadou, ale každé oko jiným stupněm.
- **Hypermetropická** – v tomto případě jsou obě oči postižené hypermetropickou refrakční vadou, ale každé oko trpí jiným stupněm této vady.
- **Smíšená** – pokud je jedno oko myopické a druhé hypermetropické jedná se o smíšenou anizometropii.
- **Astigmatická** – každé oko trpí jiným stupněm astigmatismu.
- **Relativní** (latentní) – jedná se o zvláštní typ anizometropie, kdy jednotlivé optické elementy oka (rohovka, čočka, osová délka oka) určující refrakci obou očí mají rozdílnou hodnotu, ale poměr mezi lomivostí a délkou oka je u obou očí stejný. Celková refrakce je na obou očích stejná.

Z klinického hlediska mají vzhledem k výskytu největší význam anizometropie myopická a hypermetropická. Ve spojení s vážnými důsledky má podstatný význam také amblyopická anizometropie. Proto je těmto typům věnován samostatný odstavec.

### **Myopická anizometropie**

U myopické anizometropie jsou obě oči postiženy myopií, kdy na jednom oku je myopie vyšší než na druhém. Ve více myopickém oku může dojít k amblyopii, pacient používá pouze lepší oko. Existují zde výjimky, kde se přiměřená ostrost nachází ve více myopickém oku. [2]



Nestejně změny v monokulární refrakci mohou nastat při delším rozmazání jednoho obrazu, který má za následek rozmazání na jednom oku. Tato situace může nastat, když je hlava natočena k blízkému objektu nebo když je při práci do blízka trvale umístěna na jednu stranu (někteří uživatelé počítačů). Tento výsledek byl označen jako klinické pozorování u dospělých, kteří byli neustále vystavováni blízké práci na jedné straně jejich pracovního stolu. Pokračováním optické korekce této anizometropie by pak vedlo k větším množstvím anizometrií. [5]

Laird [8] demonstruje, že myopická anizometropie je způsobena nestejným růstem obou očí. Z jeho studie se 60 pacienty s anizometrií více než +2 D vyplynulo, že geneticky naprogramované tempo růstu každého oka je nestejně a zrakové řízení emetropizačního mechanismu je schopno udržet isometrii. V případě myopické anizometropie mechanismus selhává na obou očích, emetropie není udržena ani na jednom oku a jedno oko postupuje rychleji do myopie než druhé. Nestejný genetický růst obou očí může představovat 2,5 % pacientů s anizometrií větší než +2 D. Zraková ostrost do dálky bude nižší než normálně a více myopické oko bude mít zrakovou ostrost ještě menší. Pokud méně myopické oko má pouze -0,25 nebo -0,5 D, zraková ostrost bude dostatečně dobrá, takže pacient nemusí pociťovat problémy, i když zraková ostrost na druhém oku je velmi špatná. [1, 5]

### **Hypermetropická anizometropie**

U hypermetropické anizometropie může dojít k amblyopii horšího oka, jestliže byl stav nekorigovaný. Bude také ovlivněna stereopse a její rozsah závisí na stupni anizometropie. Pokud má lepší oko výraznou refrakci a není přítomno binokulární vidění nebo jen v malé míře, bude lepší zpravit amblyopické oko. To je obzvláště u dospělých, kde anizometropie nikdy nebyla korigována. [2]

Vývoj hypermetropické anizometropie větší než +1,25 D může představovat prahovou hodnotu, která vede k zvýšenému rozvoji anizometropie. Humphriss [9] a Simpson [10] demonstrují, že i pouhých +0,75 D může vést k rozvoji hypermetropické anizometropie. V případě hypermetropické anizometropie oko, které se obvykle používá, bude pokračovat v emetropizaci, zatímco druhé oko bude zaostávat v růstu, nakonec se vyvine výrazná hypermetropická anizometropie. Samozřejmě konečným refrakčním stavem v těchto případech je výsledek geneticky naprogramovaného růstu, ze kterého se může vyvinout buď myopie, nebo hypermetropie. Zraková ostrost na obou očích bude

poměrně dobrá, pokud má pacient dostatečnou schopnost zaostřit písmena na grafu ostrosti. [1, 5]

### **Amblyopická anizometropie**

Při anizometrii může dojít k poruše binokulárního vidění. Dochází k alternujícímu vidění, kdy se oči ve vidění střídají, někdy až k vidění monokulárnímu. Nepoužívané oko slábne a dochází k tupozrakosti z nečinnosti. Později i k úchylce amblyopického oka zevně. Amblyopická anizometropie nastane, pokud sítnicový obraz je trvale rozmazán na jednom oku. Toto je typ monokulární deprivace, protože kontrast na obrázku z rozostřeného oka je snížený, umožňuje tedy druhému oku stát se dominantním. Rozostření může být způsobeno rozdíly ve sférických složkách refrakční vady nebo to může být i astigmatismus. Klinicky u člověka s jedním emetropickým a druhým hypermetropickým okem se často vyvíjí amblyopie ve více hypermetropickém oku.

Jeden návrh léčby dětské amblyopie je plná korekce refrakční vady každého oka kombinovaná se zrakovou terapií a okluzí. Tato léčba obnovuje podstatu vidění tupozrakého oka. Ačkoliv plná korekce každého oka poskytne čistý sítnicový obraz, emetropizace bude pokračovat z místa korekce. To znamená, že pokud korekce pravého oka je +1 D a levého +4 D, bude rozdíl mezi oběma očima +3 D. Tento rozdíl lze změnit dalším zakovým řízením emetropizace a léčbou amblyopické anizometropie po plné korekci každého oka.

Sherman [11] kritizoval tuto léčbu, kdy je pacientovi poskytnuta plná korekce každého oka. Místo toho navrhuje částečnou korekci amblyopického oka spolu se zrakovou terapií, navrženou tak aby snížila supresy a zvýšila řešení amblyopického oka. Shermanův léčebný protokol měl povolit amblyopickému oku, aby se normalizoval, tedy stále více rovnal druhému oku. [2, 3, 5]

## 2 ANIZEIKONIE

Anizeikonie je slovo řeckého původu, které znamená nestejně obrazy. Jedná se o binokulární stav, kdy obraz jednoho oka je vnímán v odlišné velikosti nebo tvaru v porovnání s obrazem druhého oka. Velikost rozdílu obrazu, který vyvolává příznaky je definován, jako klinicky významná anizeikonie. Klinická anizeikonie není závislá jen na rozdílné velikosti obrazů na sítnici obou očí, ale převážně také na přirozené sensorické adaptaci, jak jsou tyto obrazy vnímány v mozku. Malé rozdíly ve velikosti obrazů jsou klinicky nevýznamné. Dokonce i velké rozdíly ve velikosti obrazů nezpůsobují příznaky anizeikonie u některých pacientů. Velikost každého očního obrazu závisí na sítnicovém obrazu, tvořeným dioptrickým systémem oka, rozdělení sítnicových receptivních prvků, fyziologii a kortikálních procesech zapojených ve vidění. V důsledku toho se oba oční obrazy zřídka, pokud vůbec, rovnají. Jedná se o normální rozdíly ve velikosti obrazu, při pohledu na předměty vlevo nebo vpravo, a když jsou objekty umístěny v různých vzdálenostech od očí. Anizeikonie vzniká fyziologicky při asymetrické konvergenci, kdy je při pozorování předmětu, který leží stranou, sítnicový obraz blíže k oku ležícího předmětu větší. Potíže nastávají při rozdílu velikosti obrazu větší jak 5 %. [3,5,12,13]

### 2.1 Pacienti se zvýšeným rizikem anizeikonie

Zvýšené riziko anizeikonie nastává u pacientů s anizometrií, pseudofakií nebo u pacientů po refrakční chirurgii. Dalším rizikem mohou být také změny na sítnici, které jsou způsobené různými očními chorobami nebo oční chirurgií. Promítaný obraz na sítnici bude zpracováván větším nebo menším počtem receptorů a tím i vnímáný obraz bude buď větší, nebo menší (makropsie nebo mikropsie). Může také dojít ke zkreslení obrazu neboli metamorfopsii. Tento typ anizeikonie se objevuje u pacientů s odchlípením sítnice, s makulárními dírami, makulárním edémem nebo s retinoschisis, při kterých dochází ke snížení zrakové ostrosti a tedy k rozdílné refrakční vadě na obou očích. Nastává anizometropie a tím i zvýšené riziko anizeikonie. [13]

### 2.2 Příznaky

Bannon a Triller [14] sepsali seznam příznaků, které jsou charakteristické pro anizeikonii. Tento seznam je založený na studii s 500 pacienty.

Charakteristické příznaky pacientů s anizeikonii:

- Astenopie (67 %)

- Bolesti hlavy (67 %)
- Fotofobie (27 %)
- Potíže se čtením (23 %)
- Nevolnost (15 %)
- Diplopie (11 %)
- Nervozita (11 %)
- Závratě (7 %)
- Celková únava (7 %)
- Zkreslené vnímání prostoru (6 %)

Z toho vyplývá, že nejčastějšími problémy jsou astenopické potíže, bolesti hlavy a porucha fúze. K podobným výsledkům dospěl i Burian [15], který sepsal symptomy, na které si pacienti nejvíce stěžovali a rozdělil je do 3 skupin:

- Astenopické potíže (palčivost, slzení, pocit cizích tělísek, řezání, pálení, únava)
- Porušení fúze a stereopse
- Anomální prostorová lokalizace

## 2.3 Klasifikace

Anizeikonii můžeme dělit podle příčiny nebo podle geometrického typu. Podle příčiny lze anizeikonii dělit v souladu s publikací [1] na:

- **Anatomickou anizeikonii** - k anatomické anizeikonii by mohlo dojít v důsledku rozdílné hustoty fotoreceptorů v obou sítnicích nebo v důsledku rozdílného funkčního uspořádání koncových drah ve zrakové kůře. Světločivé elementy jsou totiž v temporální polovině sítnice rozloženy hustěji. Jako stejně veliké obrazy můžeme vnímat jen takové obrazy, které podráždí stejný počet smyslových elementů na sítnici, ale i ve zrakové dráze a zrakovém centru. [1]
- **Optickou anizeikonii** - optická anizeikonie je obvykle považována jako indukovaná anizeikonie, vyplývající z rozdílnosti ve vlastnostech zvětšení korekčních čoček pro obě oči. Z klinického hlediska je věnována pozornost výhradně indukované anizeikonii. Optickou anizeikonii můžeme dále dělit na přirozenou a uměle způsobenou. S přirozenou anizeikonii souvisí nesouměrná stavba optických prostředí obou očí a nesouměrná konvergence. Příčinami uměle navozené anizeikonie je obvykle brýlová korekce nebo stav po operativním odstranění čočky z jednoho oka (monokulární afakie). [1, 16]

V souladu s publikací [ 16] lze anizeikonii podle geometrického typu dělit na:

- **Celkovou anizeikonii** - sítnicový obraz na jednom oku je zvětšován nebo zmenšován ve velikosti stejně ve všech meridiánech ve srovnání s druhým okem.
- **Meridionální anizeikonie** - sítnicový obraz na jednom oku je zvětšován nebo zmenšován symetricky v jednom meridiánu ve srovnání s druhým okem. Meridián zvýšeného zvětšení může být vertikální, horizontální nebo šikmý.

### 3 VYŠETŘENÍ ANIZEIKONIE

Obvykle není těžké rozhodnout, zda má pacient anizeikonii. Pečlivě provedená anamnéza a pár základních klinických testů by mělo poskytnout dostatek informací k zpracování předběžné diagnózy téměř všech pacientů s podezřením na anizeikonii. Po přezkoumání pacientových příznaků musíme zvážit refrakční stav a zakřivení rohovky. Definitivní diagnóza anizeikonie se provádí měřením velikosti obrazu přístrojem eikonometrem. Pokud ho nemáme k dispozici, tak korekci anizeikonie můžeme odhadnout z potřebné refrakční korekce nebo z porovnání obrazů viděnými oběma očima. [5]

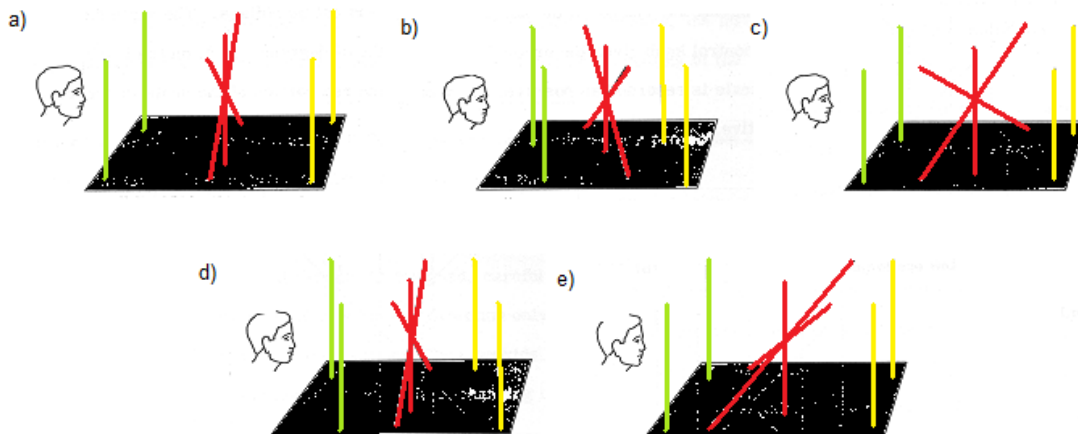
Anizeikonii lze zjišťovat několika způsoby, buď pomocí eikonometrů nebo srovnávacími testy jako je srovnávání diplopických obrazů, alternativní zakrývací test, Turvillův test, test s maddoxovým cylindrem, knížní testy (new anizeikonía test) nebo počítačové testy (anizeikonía inspektor).

#### 3.1 Eikonometrie

Eikonometry jsou přístroje, které měří stupeň anizeikonie, tedy rozdíl velikostí obrazů na sítnicích očí při binokulárním vidění. Jedná se o nejpřesnější stanovení anizeikonie. Používání eikonometru také usnadňuje stanovení noniseikonických korekcí. Někdy nejsou lékaři ochotni napsat anizometropickou korekci, která může navodit anizeikonii. Plná korekce sférické anizometropie nemusí vždy vést k anizeikonii. Řešením tohoto problému je častější použití eikonometru v případě podezření, že je přítomná anizeikonie. Velmi přesné měření až do 5 % rozdílu ve velikosti obrazu lze provést pomocí prostorového eikonometru. [5]

##### 3.1.1 Prostorový eikonometr

Prostorová eikonometrie je velmi přesné, možná nejpřesnější klinické měření binokulárních funkcí. Testový objekt prostorového eikonometru se zobrazí jako dvě jasné bílé nebo nažloutlé svíslé linie za červeným křížem s dvěma matně zelenými svíslými liniemi před červeným křížem. Normální postavení těchto linií je znázorněno na obr. 2a. V případě, že je přítomná anizeikonie v horizontálním směru, tak svíslé linie i kříž jsou pootočeny (viz obr. 2b). Pokud je přítomná anizeikonie ve vertikálním směru, dojde k pootočení červeného kříže, zatímco svíslé linie se nezmění (viz obr. 2c). Při anizeikonii projevující se v některém šikmém meridiánu, dochází ke sklopení kříže (viz obr. 2e). [5]



Obr. č. 1 a) Základní pozice linií a kříže, b) anizeikonie v horizontálním směru, c) anizeikonie ve vertikálním směru, d) osově symetrická anizeikonie e) anizeikonie projevující se v šikmém meridiánu. [20]

Pacient je pohodlně umístěn před eikonometr s příslušnou brýlovou korekcí a na přístroji nastavíme vzdálenost jeho pupil. Pacient sleduje testový objekt a hlásí polohu čar, když jsou všechny nastavení na nule. V případě anizeikonie pacient pomocí ovládacích prvků vyrovnává linie tak až jsou vidět vnější linky ekvidistantně, tedy zachovávající konstantní vzdálenost. Měření se opakuje pro posunutí červeného kříže.

Poté co byly stanoveny nastavení, se anizeikonická korekce získá ze tří měření pomocí tabulek pro zvětšení. Rozhodnutí zda předepsat plnou, částečnou nebo žádnou anizeikonickou korekci je založeno na měření, ale i na profesionálním úsudku, jestli je korekce dostupná a taky pravděpodobnost, že pacientovi korekce pomůže od potíží. S vyšetřováním anizeikonie prostorovým eikonometrem souvisí i některé potíže, jako monokulární suprese a hetereroforie. [5]

### Monokulární suprese

Jedná se o pacienty, kteří nemají dostatečnou stereopsi, aby během vyšetření na eikonometru hlásily, kdy se objeví objekt. Další indikace, že se jedná o pacienty s monokulární supresí je když pacienti hlásí, že se jasně bílá svislá linie objevuje před červeným křížem nebo že se matně zelená svislá linie objevuje za červeným křížem. V případě, že nevíme jistě, zda je přítomná suprese, pacient nejdříve sleduje objekt jedním okem a pak druhým. Pravým okem vidí pacient dvě pravé svislé linie blíže u sebe než levé. Levým okem pak vidí levé svislé linie blíže k sobě než pravé linie. Tedy

s oběma otevřenýma očima určíme supresy oka tak, že se zeptáme pacienta, jestli jsou pravé nebo levé svislé linie blíže k sobě. [5]

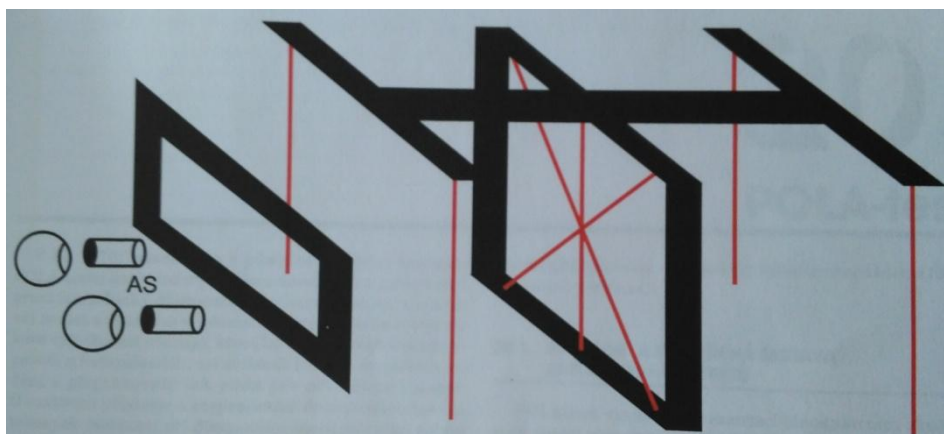
## **Heteroforie**

Pro některé pacienti s dobrou fúzí a stereopsí, kde test prostorového eikonometru ukazuje přítomnost malého množství heteroforie, se nejčastěji výrazně projevuje hyperforie. V případě, že je tam i tak málo jako 0,5 pD nekorigované hyperforie, tak se jeden ze šikmých linií kříže objevuje před druhým. Jestliže je toto pozorování hlášeno, tak by mělo být provedeno vyšetření fixační disparity, abychom určili potřebné vertikální prizma, které by snížilo fixační disparitu k nule. Dále zjistit, jestli prizma zajišťuje přesnou shodu vertikálních linií. Abychom zjistili přesnou shodu vertikálních linií, umísťujeme střídavě před jedno oko 0,5 pD bází ven a 0,5 D bází dovnitř. Jestliže tam není zbývající hyperforie, bude se jedna šikmá linie objevovat před druhou a naopak. Konečné prizma se vloží do rámu a vyšetření anizeikonie pokračuje. [5]

### **3.1.2 Eikonometr Ogle-Amesův**

Jedná se o eikonometr, který neposuzuje změnu koincidence testových částí, ale změny prostorového vnímání typické pro anizeikonii. Je založený na podobném principu jako prostorový eikonometr (viz kap. 3.1.1). Skládá se ze sedmi provazců, které jsou napnuty do rámu. Vyšetřovaný má hlavu opřenou o podpěru a s korekcí do dálky pozoruje oběma očima uspořádání provazové figury. Před očima jsou umístěné afokální systémy s proměnným zvětšením. Obr. 2a znázorňuje normální pojetí prostorové figury. Obr. 2c představuje anizeikonii projevující se pouze ve vertikálním směru. Svislé linie se nezmění, ale diagonální kříž je natočený kolem vertikální osy o jistý úhel. Naopak obr. 2b představuje anizeikonii v horizontálním směru, kdy jsou pootočené jak svislé linie, tak i diagonální kříž. Pokud se jedná o anizeikonii, která se projevuje v některém šikmém meridiánu, dochází ke sklopení diagonálního středového kříže vůči horizontální rovině (viz obr. 2e). Na obr. 2d je znázorněna osově symetrická anizeikonie, kde naopak dochází k posunutí svislých linií vůči centrální. Vyšetřovaná osoba se snaží dospět k normálovému vjemu ovládním předřazeného afokálního systému. [17]

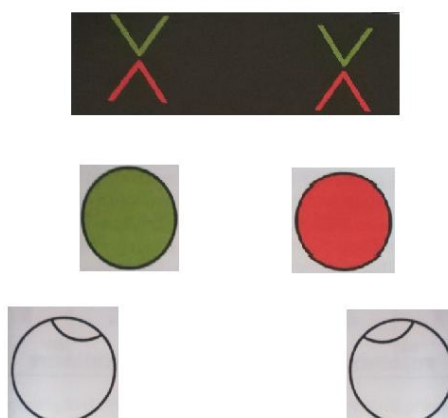




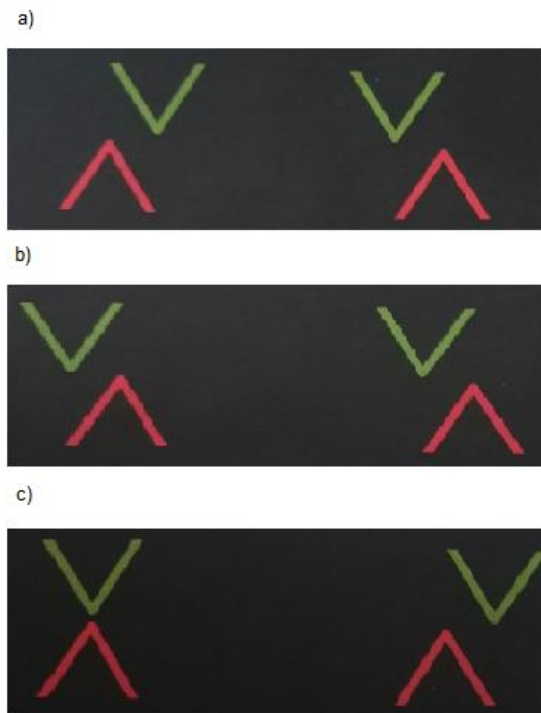
Obr. 2: Zobrazení testového objektu Ogle-amesova eikonometru. [17]

### 3.1.3 Brecherův eikonometr

Brecherův Eikonometr je anaglyfní obsahující čtyři komplementárně zbarvené šipky (dvě zelené a pod nimi dvě červené). Ty jsou na světlém nebo tmavém pozadí obrácené hroty k sobě. Vyšetřovanému je dán před pravé oko červený filtr a před levé oko zelený filtr. Tímto způsobem lze zjistit, jestli má vyšetřovaný anizeikonii nebo heteroforii nebo kombinaci obojího. Test vyhodnocujeme pomocí speciálního afokálního zoom-systému s proměnlivou ohniskovou vzdáleností, kde je stupnice cejkovaná v % anizeikonie. Kompenzačním (nepřímým) měřením lze určit stav anizeikonie, tak že je jedna dvojice komplementárních šipek posuvná a vyhodnocuje se poloha šipek vůči normálnímu postavení. [17]



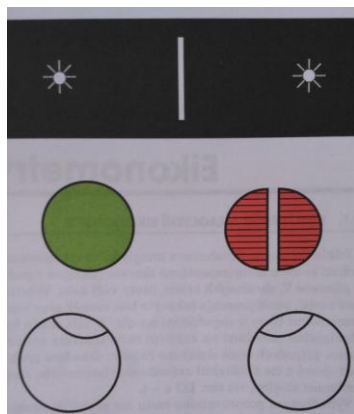
Obr. 3: Zobrazení Brecherova eikonometru [17]



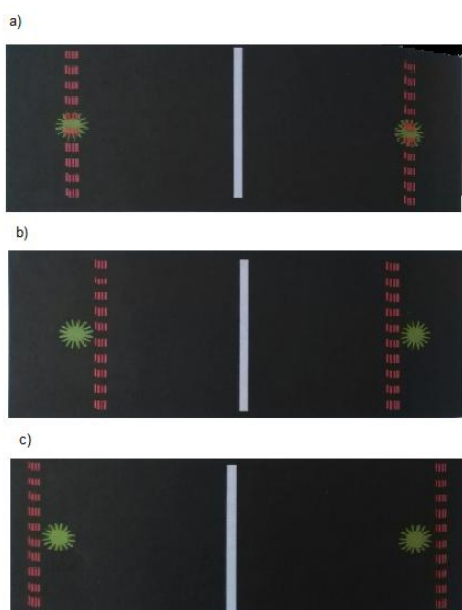
Obr. 4: a) Zobrazení šipek při anizeikonii, b) zobrazení šipek při heteroforii, c) zobrazení šipek při anizeikonii a heteroforii. [17]

### 3.1.4 Maddoxův eikonometr

Eikonometr maddoxův používá bodový světelný zdroj a Maddoxův cylindr, který má ve středu vytvořenou štěrbinu o šířce 1,5 – 2 mm orientovanou kolmo na osu cylindru. Vyšetřovaný pozoruje střed tmavého terče s vertikálně orientovanou štěrbinou, vedle níž je na každé straně jedno Maddoxovo světlo obvykle ve vzdálenosti 5-6 m. Maddoxův cylindr je umístěn před okem (obvykle pravým) tak, aby byla přes jeho výřez vidět pouze vertikální štěrbina testu. Druhé oko vnímá celý test normálně nebo se může předsadit komplementární filtr k barvě Maddoxova cylindru. Při izeikonii budou Maddoxovy linie, které se vytvořily z Maddoxových světel, procházet jejich středem. V případě anizeikonie, budou Maddoxova světla posunutá více do středu oproti Maddoxovým liniím. Individuální hodnotu anizeikonie lze změřit pomocí afokálního systému s proměnlivou hodnotou vlastního zvětšení. Otáčením testu a Maddoxova cylindru synchronně můžeme zmapovat celý průběh anizeikonické elipsy. [17]



Obr. 5: Zobrazení Maddoxovým eikonometrem. [17]

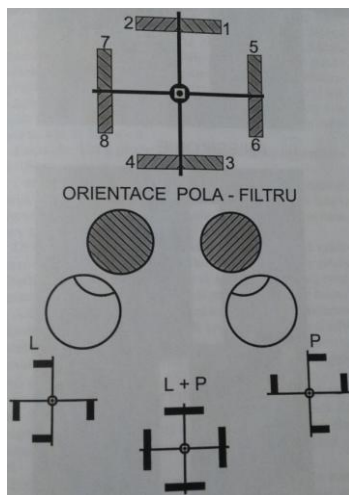


Obr. 6: a) zobrazení při izeikonii, b) zobrazení při anizeikonii, kdy vytvořený obraz na sítnici je menší na pravém oku, c) zobrazení anizeikonie, kdy vytvořený obraz na sítnici je větší na pravém oku. [17]

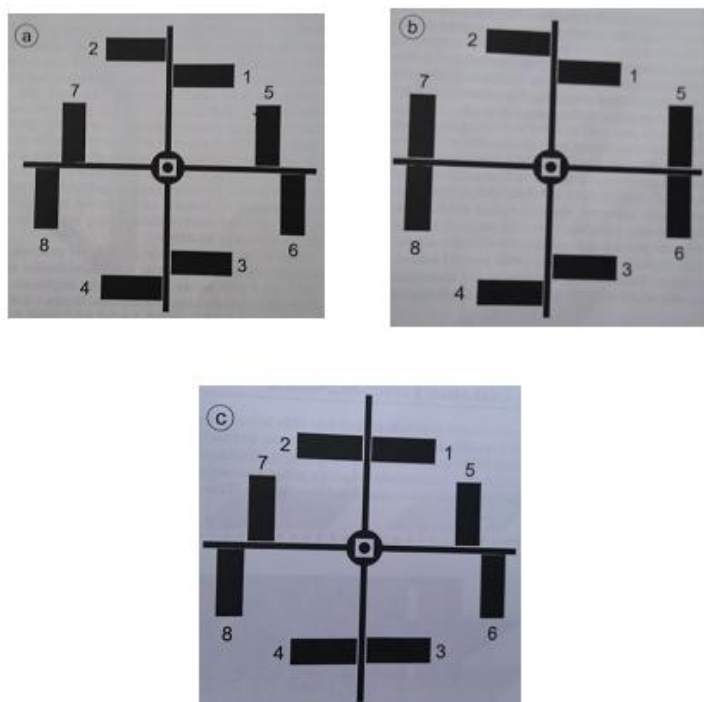
### 3.1.5 Ames-Glendonův standartní eikonometr

Využívá pro oddělení vjemu obou očí vlastnosti polarizovaného světla. Situaci vyhodnocuje ve dvou základních směrech a to vertikálních a horizontálních. Základ tohoto eikonometru je tvořen centrální terčovou figurou a osovým křížem, které nejsou z polarizační folie a proto jsou vnímány jednoduše binokulárně jako černé na světlém podkladu. Slouží jako fixační a fúzní podnět. Z polarizační folie jsou vyrobeny příčné koincidenční značky vůči kříži č. 1 – 8. Značky č. 1, 3, 5, 7 jsou vnímány pravým okem

a značky č. 2, 4, 6 a 8 levým okem. Při izeikonii se jeví všechny vzájemné příčné značky v koincidenci. Jedná-li se o anizeikonii, dojde k symetrickému posunutí sudé nebo liché dvojice značek. V případě symetrické anizeikonie dochází k posunu v obou základních směrech původně koincidenčních značek (viz obr. 9a). Naopak obr. 9b (9c) ukazuje anizeikonii asymetrickou (meridionální), kdy velikost obrazu vlevo je větší ve vertikálním (horizontálním) směru. Situaci lze změřit afokálním systémem s proměnným zvětšením. [17]



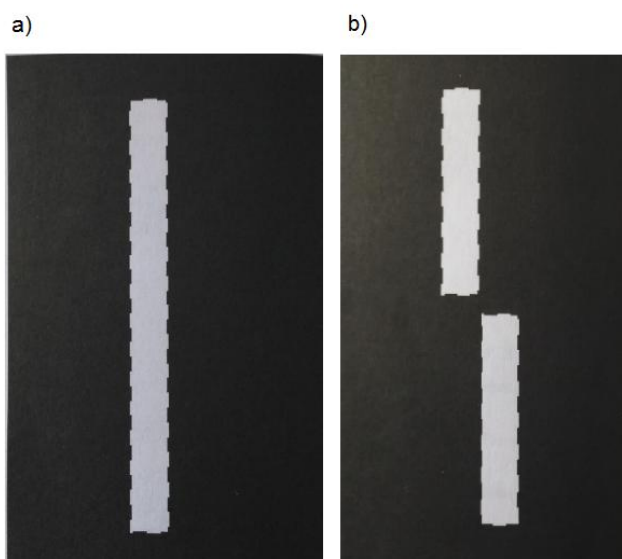
Obr. 7: Zobrazení testových objektů Ames-glidonovým eikonometrem. [17]



Obr. 8: a) symetrická anizeikonie, b) asymetrická anizeikonie ve vertikálním směru, c) asymetrická anizeikonie v horizontálním směru. [17]

### 3.1.6 Bleskový eikonometr

Využívá tzv. paobrazů, které jsou vyvolávány osvětlením sítnice vysoce intenzivním světlem z krátké vzdálenosti. Doporučuje se pracovat ve vzdálenosti 1 m. Základ testu je tvořen tmavým vyšetřovacím polem. V pravé polovině pole se nachází dvě vertikálně orientované kulaté světla sloužící pro fixaci. V levé polovině pole se nachází svisle orientovaná štěrbina, která je asi 20 cm vzdálená od fixačních světél. Za štěrbinou je umístěn elektronický blesk. Horní a dolní polovinu testu lze střídavě zakrývat mechanickou clonou. Vyšetřovaná osoba pozoruje monokulárně jedno fixační světlo buď horní, nebo dolní, záleží, v jaké poloze se mechanická krytka nachází. Blesk je odpálen pro obě oči zároveň v krátkých intervalech po sobě. Vyšetřovaný vnímá po dobu několika minut zmíněný paobraz, který je negativním obrazem silného světelného zdroje v podobě svislé štěrbinu, kterým jsme sítnici podráždili. Abychom udrželi vjem co nejdéle, je vhodné v místnosti zablikat světlem nebo předřadit oranžový filtr. Při izeikonii budou dvě vertikální čáry v koincidenci, zatímco u anizeikonie bude tato koincidence porušena. Vyhodnocování testu se provádí pomocí afokálního systému s proměnným zvětšením nebo také pomocí matic se sítí umožňující vyjádřit rozdíl velikosti obrazu obou očí v %. [17]



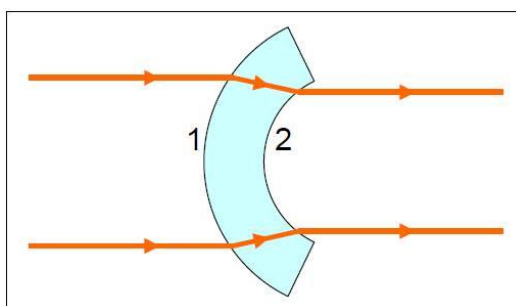
Obr. 9: a) zobrazení bleskovým eikonometrem při izeikonii, b) zobrazení při anizeikonii. [17]

## 3.2 Srovnávací testy

Jedná se o testy založené na porovnávání dvou obrazů (levého a pravého oka). Anizeikonie se projeví jejich odlišnou velikostí. Na obdobných principech fungují i v předchozím textu popisované eikonometry, které ale tvoří kompaktní jednoúčelový celek. Měření anizeikonie se u těchto testů provádí pomocí speciálních čoček, které jsou s nenulovým optickým zvětšením, ale nulovým dioptrickým účinkem tzv. izeikonické čočky.

### 3.2.1 Izeikonické čočky

Anizeikonii lze také vyšetřovat pomocí speciálních izeikonických korekčních čoček. Jedná se o čočky bez refrakční síly se zvětšujícím efektem. Čočky jsou umísťovány před jedno oko (čočka, která má zvětšení  $>1$ , je vložena před oko s menším obrázkem a naopak). Jejich zvětšení zvyšujeme, dokud pacient neuvidí obrazy stejně veliké. Například pokud test anizeikonie ukáže, že má pacient 4 % anizeikonii, tak obraz v pravém oku musí být zvětšen o 4 %. Abychom zjistili, jaký bude mít vliv na pacienta 4% anizeikonická korekce, tak předsadíme před pravé oko čočku s optickým zvětšením odpovídající velikosti anizeikoine. [1,13]



Obr. 10: Schéma izeikonické čočky. [22]

### 3.2.2 Srovnávání diplopických obrazů

Tento test porovnávání velikosti obrazů může být použit pro odhad horizontální, vertikální nebo celkové anizeikonie. Při vyšetření postupujeme následujícími kroky.

Pacient má nasazenou příslušnou brýlovou korekci a dívá se na objekt ve tvaru čtverce, který je rozdvojený, použitím 5 pD ve vertikálním směru. Objekt bude horizontálně posunut, v případě, že je přítomná horizontální forie. Pacient porovnává vnímaný horizontální rozsah horního objektu s horizontálním rozsahem spodního

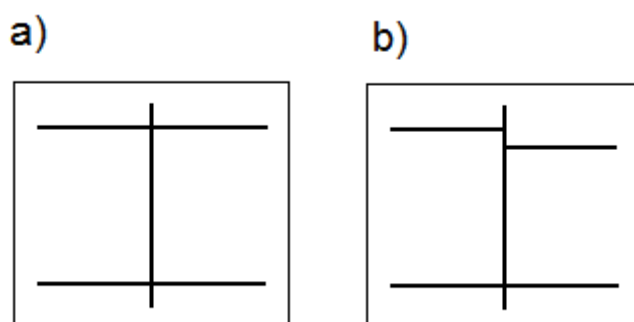
objektu. K vyrovnání horizontální anizeikonie používáme čočky s optickým zvětšením, které dáváme před oko s menším obrazem. Velikost čočky měníme, dokud oba objekty nebudou mít stejnou horizontální délku. Test opakujeme i ve vertikálním směru. [5]

### 3.2.3 Alternativní zakrývací test

Pacient má opět nasazenou příslušnou brýlovou korekci a pozoruje vzdálený čtvercový objekt, který je sám v zorném poli. Střídavě zakrýváme každé oko a pacient porovnává horizontální velikost objektu. Jestliže pacient vnímá rozdíl ve velikosti, opakujeme test s čočkou před okem, které vnímalo obraz menší. Velikost čočky měníme, dokud pacient neuvidí oba obrazy stejně veliké. Proces zopakujeme i ve vertikálním směru. [5]

### 3.2.4 Turvillův test

Tento test se používá pro zjištění a změření anizeikonie ve vertikálním meridiánu použitím obrázku s dvěma horizontálními liniemi, které jsou vertikálně rozdělené. Pozice přepážky je tak, aby pacient viděl pravou polovinu pravým okem a levou polovinu levým okem s nasazenou příslušnou brýlovou korekci. Pacient porovnává vertikální rozdělení dvou linií na pravé straně s rozdělenými liniemi na levé straně. Vertikální anizeikonie se udává podle rozdílu ve vnímání vertikálního rozdělení linií na pravé straně. Anizeikonie může být měřena použitím čoček, které se dávají před oko s nejmenším rozdělením. Čočku měníme, dokud nebude vertikální rozdělení na obou stranách stejné. [5]



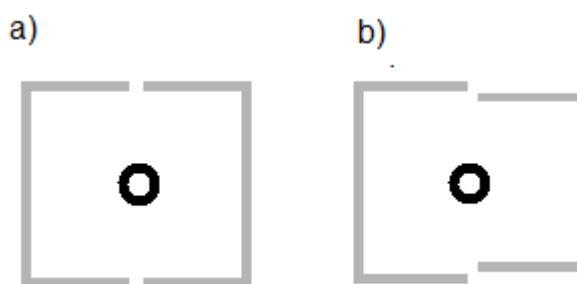
Obr. 11: a) zobrazení testu při izeikonii, b) zobrazení testu při anizeikonii. [5]

### 3.2.5 Test s Maddoxovým cylindrem

Dva malé světelné zdroje jsou umístěny 60 cm od sebe. Pacient má nasazenou příslušnou brýlovou korekci a pozoruje světla přes Maddoxův cylindr, který je pouze před jedním okem ve  $180^\circ$ . Jedno oko vidí dva světelné zdroje a oko s Maddoxovým cylindrem vidí dvě světelné linie. Pacient porovnává relativní rozdělení světla s relativním rozdělením světelných pruhů. Rozdíl v rozdělení určuje anizeikonii. K vyrovnání světla a čar na jedné straně můžeme použít prizmata, v případě že posunutí světelného zdroje je způsobeno postranní heteroforií. Před oko, které má nejmenší rozdíl mezi světlem a linií, dááme čočku a měníme její velikost, dokud čáry a světla nebudou ve stejné vzdálenosti. Test se může opakovat ve vertikálním směru, kdy je Maddoxův cylindr v ose  $90^\circ$ . [5]

### 3.2.6 Hákový test anizeikonie

Test je polarizovaný. Skládá se ze dvou háku umístěných naproti sobě s centrálním fúzním podnětem znázorňující obr. 12. Fúzní podnět není polarizovaný tak, aby ho obě oči viděly současně. Pacient porovnává velikost obou jeho částí. Jestliže je jedna část posunuta o tloušťku té druhé jedná se anizeikonii o velikosti 4 % (viz obr. 12b). Míru anizeikonie lze určit izeikonickými čočkami nebo na základě srovnávání změny velikosti k tloušťce znaku. Anizeikonii lze měřit jak v horizontálním tak i ve vertikálním směru. Tento test lze také použít pro zjištění přítomnosti heteroforií. [19]



Obr. 12: a) zobrazení testu při izeikonii, b) zobrazení testu při anizeikonii o velikosti 4 %. [23]

### 3.2.7 New anizeikonie test

Test se skládá z řady párů červenozelených půlměsíců, které se zdají mít stejné vertikální průměry. Přes příslušnou brýlovou korekci jsou dány červeno zelené brýle a pacient porovnává červené a zelené půlměsíce v knížce. Následně určí, který pár půlměsíců má stejný vertikální průměr. Podle toho určíme množství zvětšení. Test se



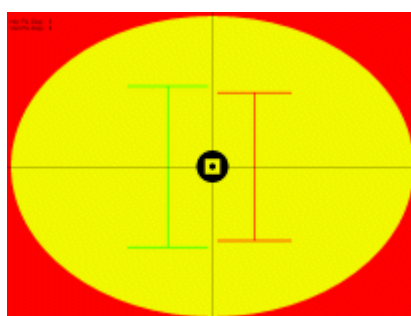
opakuje otočením knížky do horizontální polohy. Tento test může být i ve formě počítačového programu. [5]



Obr. 13: Knižní verze new anizeikonia testu. [21]

### 3.2.8 Anizeikonia inspektor

Jedná se o jeden z nejkompletnějších testů vyšetření anizeikonie. Test je ve formě počítačového programu, který na obrazovce počítače zobrazuje dva proměnné obrazce. Pacient se dívá na obrazovku počítače přes červenozelené brýle tak, aby byly vjemy obou očí oddělené a pacient vnímal jednu značku jedním okem a druhou značku druhým okem. Pacientovým úkolem je určit, který ze dvou obrázků ve tvaru písmena I je větší. Měření probíhá dvakrát a to ve vertikálním a horizontálním směru. Průměr těchto dvou měření je brán jako hodnota anizeikonie a celkové množství anizeikonie je automaticky určeno počítačovým výpočtem. Hodnotu anizeikonie lze získat z tzv. psychometrické křivky, kterou získáme po předložení všech testovacích snímků ze série. [5, 13]



Obr. 14: Ukázka jednoho z testovacích obrázků anizeikonie. [13]

## 4 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ ANIZOMETROPIE A ANIZEIKONIE

Korigovat můžeme pouze indukovanou anizeikonii, proto je větší část této kapitoly věnována korekci anizometropie. Korekce anizometropie má čtyři možné optické řešení, z nichž každé má své výhody a nevýhody. Typ korekce vybíráme v závislosti na případě pacienta.

### 4.1 Korekce brýlemi

Jedná se o klasické řešení anizometropie. S brýlovou korekcí však mohou nastat potíže:

- Rozdílný prizmatický efekt obou očí při pohledu stranou
- Indukovaná anizeikonie
- Rozdílné akomodační požadavky na obou očích – u anizometropie má každé oko jinou refrakční hodnotu a tím vyžaduje rozdílné akomodační úsilí, proto dochází ke sporu o optimální akomodaci.

#### Rozdílný prizmatický efekt

Plná korekce anizometropie může vést k rozdílnému prizmatickému efektu. Pokud je anizometropie korigována brýlovými čočkami, jejichž optické středy jsou přímo před středy pupil, pak navozený prizmatický efekt bude přítomen vždy, když se pacient nebude dívat přes optické středy čoček. Rozdíl v prizmatickém účinku mezi dvěma čočkami může způsobit, že binokulární vidění bude obtížné nebo nemožné. Tyto prizmatické efekty způsobují další potíže, při pohledu pacienta nad nebo pod optické středy. Vertikální tolerance prizmatu je mnohem menší než horizontální. U některých pacientů vertikální prizmatický efekt 0,5 prizmat může zhoršit stereopsi.

U pacientů nosících konvexní čočky stejné síly na obou očích, vyvolá pohled obou očí doprava prizmatický efekt na pravém oku báží dovnitř a na levém oku báží ven. A u pacientů nosících konkávní čočky stejné síly, vyvolá pohled obou očí doprava prizmatický efekt na pravém oku báží ven a na levém oku báží dovnitř.

Pokud mají čočky rozdílnou sílu, nastane prizmatický efekt, který je stanoven okem, jehož čočka má větší refrakční sílu. Jestliže čočka pravého oka má větší množství plusové hodnoty než čočka levého oka, tak pohyb oka doprava vyvolá prizmatický efekt

bází ven. Podobně je to i u pohybu oka nahoru a dolů, kdy prizmatický efekt je stanoven čočkou, která má větší refrakční sílu. Pokud má pravá čočka větší množství plusové hodnoty, bude při pohybu oka dolů navozen prizmatický efekt bází nahoru. [1,4]

Abychom eliminovali přítomnost rozdílného prizmatického efektu s brýlovou korekcí, měli bychom upozornit pacienta na obtíže ve vnímání prostoru během prvních pár dnů nošení nových brýlí. Kdy nějakou dobu potrvá, než si pacient zvykne, ale ve většině případů problémy zmizí po krátké době. Pacient by neměl řídit nebo obsluhovat stroje dokud si nezvykne na novou korekci. Někteří šilhající pacienti s normálním binokulárním viděním mohou být méně schopni si zvyknout na velkou refrakční změnu. [4]

### **Indukovaná anizeikonie**

Při korekci anizometropie brýlemi dochází k rozdílným vlastnostem ve zvětšení korekčních čoček a tím i k navození anizeikonie. Tento typ anizeikonie můžeme korigovat zvětšením brýlových čoček (viz kap.: 4.1.1). Indukovanou anizeikonii lze dělit na statickou a dynamickou:

- **Statická** - nastává, když oči hledí v určitém směru a vnímané obrazy se liší ve velikosti.
- **Dynamická** - neboli opticky indukovaná vzniká, když se oči stáčí v jiném poměru tak, aby se pohledové osy střetly v jednom bodě v prostoru. [13]

Indukovaná anizeikonie může být v rámci brýlové korekce řešena manipulací s jejím zvětšením.

#### **4.1.1 Zvětšení brýlových čoček**

Vlastní zvětšení brýlové čočky ( $SM$ ) lze získat pomocí výpočtu ze vzorce pro tlustou a tenkou čočku.

Vzorec pro výpočet tlusté čočky:

$$SM = \frac{1}{1 - d \cdot S_B'} \cdot \frac{1}{1 - \frac{t}{n} \cdot \varphi_1}$$

Vzorec pro výpočet tenké čočky:

$$SM = \frac{1}{1 - d \cdot S_B'}$$

$d (> 0)$  - zadní vrcholová vzdálenost

$S_B'$  - zadní vrcholová lámavost

$t (> 0)$  - tloušťka čočky

$n$  - index lomu materiálu

Změnou těchto parametrů lze měnit zvětšení brýlové čočky. [22]

### **Zvětšení změnou vrcholové vzdálenosti**

Tab. 1 ukazuje přibližné procentuální změny zvětšení, kterého by mohlo být dosaženo se změnou vrcholové vzdálenosti ( $\Delta h$ ) pro různé refrakční síly. Když posuneme brýle dále od oka, bude  $\Delta h$  pozitivní. Jako příklad si uvedeme pacienta, u kterého předpokládáme refrakci:

R: -6,0 D      14,5 mm vrcholová vzdálenost

L: -2,0 D

Celkové zvětšení pravého oka bude 4 %, které vyplývá z obecného pravidla, že anizometropie o hodnotě 1 D vede k anizeikonii rovnající se 1 %. Přibližováním obou čoček blíže k oku zvětšíme zvětšení na každé čočce, ale na pravém oku bude zvětšení větší vzhledem k jeho větší refrakční síle. Pokud čočky posuneme o 3 mm blíže k oku, zvětšení se změní na +1,8 % na pravé čočce a +0,6 % na levé čočce. Rozdíl je +1,2 % většího zvětšení na pravé čočce.

Tab. 1: Přibližná změna zvětšení (%) navozená změnou vrcholové vzdálenosti v závislosti na různé zadní vrcholové lámavosti čočky. [5]

Vrcholová vzdálenost	Zadní vrcholová lámavost					
	1 D	2 D	4 D	6 D	8 D	10 D
1 mm	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
2 mm	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
3 mm	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
4 mm	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0
5 mm	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

Jestli-že posuneme minusovou čočku blíže k oku, zvýšíme zvětšení, naopak při oddalování se bude zvětšení zmenšovat. V případě plusové čočky se bude zvětšení zvyšovat oddalováním čočky a snižovat přibližováním čočky k oku.

### Zvětšení změnou fazety

Změnou pozice fazety můžeme posunout jednu čočku blíže k oku než druhou a tím ovlivnit výsledné zvětšení. Abychom mohli změnit zvětšení posunutím fazety na pravé a levé čočce, bude muset být minusová čočka tlustší. Tab. 2 ukazuje změny zvětšení realizované změnou fazety tím, že ji posuneme ze středu do 1/3 tloušťky čočky nebo do 2/3 tloušťky čočky, přičemž tloušťku čočky měříme směrem od oka. Posunutím fazety do 1/3 přiblížíme čočku k oku a zvýšíme zvětšení minusové čočky, zatímco posunutím fazety do 2/3 vzdálíme čočku od oka a snížíme zvětšení minusové čočky.

Tab. 2: Přibližná změna zvětšení (%) navozená změnou fazety čočky od středu do 1/3 nebo 2/3 tloušťky čočky (2,1 mm středová tloušťka čočky). [5]

Velikost očnice (mm)	Zadní vrcholová lámavost (D)					
	-1,0	-2,0	-4,0	-6,0	-8,0	-10
36	0,03	0,10	0,22	0,37	0,56	0,77
38	0,03	0,10	0,23	0,40	0,61	0,84
40	0,04	0,10	0,24	0,43	0,67	0,92
42	0,04	0,10	0,25	0,46	0,72	1,05
44	0,04	0,10	0,26	0,49	0,78	1,13
46	0,04	0,11	0,28	0,52	0,82	1,19
48	0,04	0,11	0,29	0,54	0,87	1,26
50	0,05	0,11	0,30	0,57	0,92	1,36
52	0,05	0,11	0,31	0,60	0,96	1,44

### Zvětšení změnou zakřivení

Změna zvětšení čočky, kdy je měněna optická mohutnost přední plochy ( $D_1$ ) znázorňuje tab. 3. Tato tabulka vychází z minimální tloušťky čočky 2,1 mm. Zvýšíme-li přední zakřivení čočky u hypermetropické korekce, dojde ke zvýšení zvětšení. Naopak u myopické korekce se silou větší než -2,5 D dojde k snížení zvětšení (pokud ostatní parametry zůstanou stejné), protože zvýšení předního zakřivení posunuje vrchol čočky dále od oka. Jako příklad si uvedeme pacienta, jehož refrakce je:

OD: + 3,0 DS + 7,5 optická mohutnost předního povrchu čočky

OS: + 5,0 DS + 9,5 optická mohutnost předního povrchu čočky

Zvětšení 1,5 % je přidáno do pravé čočky. Z tab. 3 zjistíme, že pokud zvýšíme zakřivení na pravém oku o 4 D, dostaneme se k požadované hodnotě 1,5 %. Protože v tabulce nejsou uvedeny všechny hodnoty, musíme přibližnou hodnotu zvětšení pro +3,0 D vypočítat. Nejdříve zjistíme z tab. 3, jaké by bylo zvětšení pro +2,0 D a +4,0 D,

když změním přední zakřivení o 4 D (+2,0 D = 1,23 %; +4,0 D = 1,9 %). Následně vypočteme  $(1,23 + 1,9)/2 = 1,57$  %.

Tab. 3: Přibližná změna zvětšení (%) spojená s různou optickou mohutností čočky a změnou optické mohutnosti předního povrchu čočky. [5]

Optická mohutnost předního povrchu	Optická mohutnost čočky (D)								
	$t = 2,1$					$t = 2,6$	$t = 3,1$	$t = 4,1$	$t = 5,1$
	-6	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+6
-4	+0,64	+0,24	-0,16	-0,36	-0,56	-0,90	-1,23	-1,90	-2,56
-2	+0,32	+0,12	-0,08	-0,18	-0,28	-0,45	-0,61	-0,95	-1,28
+2	-0,32	-0,12	+0,08	+0,18	+0,28	+0,45	+0,61	+0,95	+1,28
+4	-0,64	-0,24	+0,16	+0,36	+0,56	+0,90	+1,23	+1,90	+2,56
+6	-0,96	-0,36	+0,24	+0,54	+0,84	+1,35	+1,84	+2,85	+3,84
+8	-1,28	-0,48	+0,32	+0,72	+1,12	+1,80	+2,46	+3,80	+5,12

Tab. 3 vychází ze vzorce:

$$\Delta SM = \Delta D_1 \left[ \frac{1}{15} \right] + 0,05 S_B$$

$\Delta SM$  - změna zvětšení (v %)

$\Delta D_1$  - změna optické mohutnosti předního povrchu čočky (v D)

$t$  - středová tloušťka čočky (v mm)

15 – konstanta (tvořena indexem lomu korekčního skla, v případě že je zvětšení vyjádřeno v % a tloušťka čočky v mm)

0,05 - změna vrcholové vzdálenosti se změnou optické mohutnosti předního povrchu čočky  $\Delta D_1$

$S_B$  - zadní vrcholová lámavost (D)

### Zvětšení změnou tloušťky čočky

Tab. 4 a 5 ukazuje změny zvětšení, které vyplívají ze změny tloušťky čočky konkrétního předního zakřivení a optické mohutnosti, pokud jsou další faktory (fazeta, vrcholová vzdálenost, atd.) konstantní. K použití tabulky si uvedeme příklad pacienta, jehož refrakce je:

OD: plan/ +6,25 optická mohutnost předního povrchu čočky/ tloušťka čočky 2,1 mm

OS: -2,0 DS/ +4,5 optická mohutnost předního povrchu čočky / tloušťka čočky 2,1 mm

Zvýšení zvětšení o 0,75 % je požadováno na levém oku. K určení procentuální změny zvětšení, musíme odečíst hodnoty z tab. 5 od tab. 4. Zvyšující se tloušťka, zvyšuje zvětšení. Abychom dosáhli požadovaného zvětšení 0,75 % je potřeba zvýšit tloušťku levé čočky. Pro optickou mohutnost předního povrchu +4,5 se zvýšením tloušťky o +2,0 mm nám tabulka č. 4 udává hodnotu +0,60 %. A pro čočku s optickou mohutností -2,0 se zvýšením tloušťky o +2,0 mm nám tabulka č. 5 udává hodnotu -0,20. Po odečtení těchto hodnot [A (+0,60) – B (-0,20)] dostaneme +0,80 %, což je hodnota změny zvětšení, která se blíží požadované hodnotě +0,75 %.

Tab. 4: Změna zvětšení změnou tloušťky a optické mohutnosti předního povrchu čočky.

Tloušťka čočky (mm)	Optická mohutnost předního povrchu						
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
-1,5	-0,05	-0,15	-0,25	-0,35	-0,45	-0,55	-0,65
-1,0	-0,03	-0,10	-0,17	-0,23	-0,30	-0,37	-0,43
-0,5	-0,02	-0,05	-0,08	-0,17	-0,15	-0,18	-0,22
+0,5	+0,02	+0,05	+0,08	+0,17	+0,15	+0,18	+0,22
+1,0	+0,03	+0,10	+0,17	+0,23	+0,30	+0,37	+0,43
+1,5	+0,05	+0,15	+0,25	+0,35	+0,45	+0,55	+0,65



Tab. 5: Změna zvětšení změnou tloušťky pro danou optickou mohutnost čočky.

Tloušťka čočky (mm)	Optická mohutnost čočky (D)						
	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6
-1,0	+0,30	+0,20	+0,10	0,0	-0,10	-0,20	-0,30
-0,5	+0,15	+0,10	+0,05	0,0	-0,05	-0,10	-0,15
+0,5	-0,15	-0,10	-0,05	0,0	+0,05	+0,10	+0,15
+1,0	-0,30	-0,20	-0,10	0,0	+0,10	+0,20	+0,30
+1,5	-0,45	-0,30	-0,15	0,0	+0,15	+0,30	+0,45
+2,0	-0,60	-0,40	-0,20	0,0	+0,20	+0,40	+0,60
+2,5	-0,75	-0,50	-0,25	0,0	+0,25	+0,50	+0,75

Tabulka vychází ze vzorce, který platí, pokud je fazeta čočky umístěna ve středu a tloušťka čočky je zvýšena bez změny zakřivení nebo vrcholové vzdálenosti čočky.

$$\Delta SM = \frac{\Delta t D_1}{15} + \frac{2S_{B'}}{10}$$

$\Delta SM$  - změna zvětšení (v %)

$\Delta t$  - změna tloušťky čočky

$D_1$  – optická mohutnost předního povrchu čočky (D)

15 – konstanta (tvořena indexem lomu korekčního skla, v případě že je zvětšení vyjádřeno v % a tloušťka čočky v mm)

$S_{B'}$  – zadní vrcholová lámavost (D)

#### 4.1.2 Úprava korekčních hodnot

Jedná se o kompromis mezi zrakovou ostrostí a subjektivní snášenlivostí. Abychom dosáhli tohoto kompromisu, provede se částečná korekce na jednom oku, obvykle o jednu třetinu rozdílu. [22]

## 4.2 Korekce kontaktními čočkami

Kontaktní čočky poskytují největší snížení zadní vrcholové vzdálenosti a také pomáhají překonat obtíže, které vznikají v důsledku rozdílného prizmatického efektu.

Winn a kolegové [20] prokázali, že kontaktní čočky snižují anizeikonii v axiální anizometrii i v refrakční anizometrii. Moderní design čočky umožňuje, že kontaktní čočky jsou optimální optickou korekcí pro mnoho lidí s anizometrií. Pokud pacient toleruje kontaktní čočky, tak jako první by měla být vyšetřena zbytková anizeikonie, která by zbyla po vložení plné korekce do kontaktních čoček. Pokud toto řešení funguje, pak má pouze výhody. Toto řešení nesnižuje zrakovou ostrost, je kosmeticky velmi přijatelné, nevyvolává prizmatický efekt a je relativně levné. Nejdříve by však měly být pacientovi aplikovány zkušební kontaktní čočky pro posouzení vhodnosti této korekce. Další možností užití kontaktních čoček je jejich kombinace s brýlemi. Vhodným uspořádáním a kombinací optických mohutností lze napodobit tzv. Holandský dalekohled. Pokud chceme dosáhnout zvětšení obrazu, tak budeme muset kombinovat spojku s minusovou kontaktní čočkou. Naopak jestliže chceme dosáhnout zmenšení obrazu, budeme kombinovat rozptylku s plusovou kontaktní čočkou. [3,4,13]

### 4.3 Refrakční chirurgie

Refrakční chirurgie provádí korekční změny přímo na oku (obvykle na rohovce), proto je výsledná navozená anizeikonie minimální. Rohovka má hlavní podíl na celkové refrakci oka. Nevelká změna tvaru rohovky vyvolává relativně velkou změnu refrakce a toho využívá refrakční chirurgie. U myopií do 5 až 6 D a hypermetropií 3 D jsou vhodné laserové operace jako PRK, LASIK, LASEK. U vyšších refrakčních vad se dává přednost nitroočním čočkám jak fakickým, tak i afakickým. Operaci provádíme u pacientů s ukončeným růstem oka, tedy po 18. roce života. Výjimkou je myopická anizometropie u dětí nad 6 roků. Operované pacienty musíme upozornit na možné překorigování, podkorigování a regresi. [3]

Podle Antona [3]: „Na dětské oční klinice v Brně bylo sledováno 21 dětí ve věku 7 – 9 let s myopickou anizometrií po dobu 4 let. Nyní si uvedeme konkrétní příklad. Na oku s vyšší dioptrií byl SE  $-8,93 \pm 1,4$  D. Na tomto oku byla provedena PRK. Při kontrolách v prvním měsíci bylo zjištěno mírné překorigování, v šestém měsíci praktická emetropie a ve dvou letech regrese, která se ve 3. a 4. roce výrazně zpomalila. U všech dětí došlo ke zlepšení binokulárního vidění s korekcí i bez ní a u osmi dětí byla zjištěna stereopse. 9 – 17 % anizeikonie před operací se zlepšila na 1 – 6 %.“

## ZÁVĚR

V této práci byla shrnuta problematika anizometropie a anizeikonie. Nejprve byla popsána anizometropie, její příčiny, příznaky a klasifikace. Z klinického hlediska mají největší význam anizometropie myopická a hypermetropická, kdy prevalence jejich výskytu je přibližně u myopické 55 % a hypermetropické 35 %. V návaznosti na anizotropii byla následně popsána anizeikonie. Kdy byla uvedena studie s 500 pacienty s charakteristickými příznaky anizeikonie. Z této studie vyplynulo, že nejčastějšími problémy jsou astenopické potíže, bolesti hlavy a porucha fúze. Větší část této práce byla věnována vyšetřování anizeikonie, kdy byly uvedeny přístroje a metody, kterými lze anizeikonii vyšetřovat a také zjistit její velikost. Dále se práce zaměřovala na možnosti řešení anizometropie a v souvislosti s brýlovou korekcí byly popsány potíže, které způsobuje. Jednou z těchto potíží je indukovaná anizeikonie, kterou lze korigovat pomocí zvětšení brýlových čoček. Tohoto zvětšení můžeme dosáhnout změnou parametrů brýlové čočky jako je změna vrcholové vzdálenosti, změna fazety, změna tloušťky čočky nebo změna optické mohutnosti předního povrchu čočky. Hodnoty, jenž udávají procento zvětšení navozené změnou těchto parametrů, byly uvedeny v tabulkách.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] GROSVENOR, Theodore. *Primary care optometry*. 5th ed. St. Louis: Butterworth - Heinemann, 2007. ISBN 9780750675758.
- [2] TUNNACLIFFE, A. H. *Introduction to visual optics*. Canterbury: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 0 9009 928 3.
- [3] ANTON, M. *Problematika anizometropie*, Česká oční optika, 47, 2006, č. 3, s. 16 - 19. ISSN 1211-233X
- [4] EVANS, Bruce J a David PICKWELL. *Pickwell's binocular vision anomalies*. 5th ed. New York: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 9780750688970
- [5] SCHEIMAN, Mitchell a Bruce WICK: *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 9780781777841.
- [6] HIRSCH, Monroe J. *Anisometropia*. *Optometry and vision science*, Vol. 44, 1967, No. 9, pp. 581-585.
- [7] LANG, Gerhard K. a O. GAREIS: *Ophthalmology: A pocket textbook atlas*. 2nd ed., New York: Thieme, 2007. ISBN 978-158-8905-550.
- [8] LAIRD, I.K.: *Anisometropia*. *Refractive anomalies: research and clinical applications*, 1991, pp. 174 – 198.
- [9] HUMPHRISS, D. *The Psychological Septum*. *An Investigation into Its Function*. *Optometry and Vision Science*, Vol. 59, 1982, No. 8, pp. 639 – 641.
- [10] SIMPSON, T. *The suppression effect of simulated anisometropia*. *Ophthalmic and physiological optics*, Vol. 11, 1991, No. 4, pp. 350-358.
- [11] SHERMAN, A. *Treatment of amblyopia without full refractive correction or occlusion*. *Journal of behavioral optometry*, Vol. 6, 1995, No. 1, pp. 15 – 19.
- [12] PLUHÁČEK, František: *Poruchy BV- výukové materiály k předmětu Binokulární vidění*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.
- [13] *Clinical software in optometry and ophthalmology: About aniseikonia* [online]. © 2000 - 2013. Vyd. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.opticaldiagnostics.com/info/aniseikonia.html>

- [14] BANNON, Robert E. a Wendell TRILLER. *Aniseikonia - a clinical report covering a ten year period*. Clinical and Experimental Optometry, Vol. 27, 1944, No. 7, pp. 596 – 309.
- [15] BURIAN, H. M. *Clinical significance of aniseikonia*. Archives of ophthalmology, Vol. 29, 1943, No. 1, pp. 116-133.
- [16] POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
- [17] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Vyd. 1. Brno: institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
- [18] DOUBRAVOVÁ, M. *Fixační disparita: bakalářská práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2009.
- [19] WINN, B. *Reduced aniseikonia in axial anisometropia with contact lens correction*. Ophthalmic and physiological optics, Vol. 8, 1988, No. 3, pp. 341-344.
- [20] Umsl: *aniseikonia* [online]. © 1999 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: [http://www.umsl.edu/~garziar/bva\\_aniseikonia.htm](http://www.umsl.edu/~garziar/bva_aniseikonia.htm)
- [21] Optimall: *Vision therapy* [online]. © 2005 - 2014 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.ioptimall.co.kr/view.htm?si\\_id=131114162347&mc\\_id=02\\_35\\_01](http://www.ioptimall.co.kr/view.htm?si_id=131114162347&mc_id=02_35_01)
- [22] PLUHÁČEK, František: *Binokulární refrakční anomálie – výukové materiály k předmětu Korekce zraku II*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

