

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

**POROVNANIE METÓD RIEŠENIA INDUKOVANEJ STATICKEJ
A DYNAMICKEJ ANIZEIKONIE**

Bakalárska práca

VYPRACOVALA:

Daniela Kratkoczká

obor B5345R008 OPTOMETRIE

študijný rok 2016/2017

VEDÚCI BAKALÁRSKEJ PRÁCE:

RNDr. Mgr. Pluháček František, Ph.D.

Čestné prehlásenie:

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne, pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v závere práce.

V Olomouci, dňa 3.5.2017

.....

Daniela Kratkoczká

Pod'akovanie

Chcela by som pod'akovať vedúcemu mojej bakalárskej práce RNDr. Mgr. Františkovi Pluháčkovi, Ph.D. za ochotnú spoluprácu, za všetky rady a cenné pripomienky, ktoré mi počas písania mojej práce poskytoval.

Táto práca bola vytvorená za podpory projektu IGA PŘF UP v Olomouci s názvom "Optometrie a její aplikace" č. IGA_PrF_2016_015.

Obsah

ÚVOD.....	5
1 ANIZOMETROPIA.....	6
1.1 Delenie anizometropie	7
1.2 Príznaky anizometropie	7
1.3 Korekcia anizometropie.....	9
2 ANIZEIKONIA	11
2.1 Delenie (statickej) anizeikonie.....	12
2.2 Subjektívne symptómy	13
3 DYNAMICKÁ ANIZEIKONIA	16
3.1 Prizmatický efekt.....	16
3.2 Dynamická anizeikonie.....	17
3.3 Symptómy.....	18
3.4 Adaptácia	20
4 MERANIE ANIZEIKONIE	23
4.1 Size lenses.....	25
4.2 Metódy merania anizeikonie.....	27
4.3 Prekážky pri meraní anizeikonie.....	32
5 KOREKCIA ANIZEIKONIE	33
5.1 Kontaktné šošovky.....	34
5.2 Kombinácia kontaktných šošoviek s okuliarovou korekciou	35
5.3 Korekcia okuliarmi	36
5.3.1 Čiastočná korekcia	38
5.3.2 Bifokálne a progresívne šošovky	40
5.3.3 Korekcia anizeikonie pomocou zmeny parametrov okuliarových šošoviek	40
5.4 Refrakčné operácie	47
5.5 Porovnanie metód riešenia anizeikonie	49
ZÁVER	50
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	51
ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV	55
ZOZNAM POUŽITÝCH TABULIEK.....	55

ÚVOD

Anizometropia, rozdielna refrakčná vada pravého a ľavého oka, sa vyskytuje približne u 20 % ľudí pre rozdiel sférického ekvivalentu 0,5 D a viac a u 2 - 3 % ľudí pre rozdiel 3 D a viac. Jej korekcia je kvôli možnosti rozvinutia amblyopie veľmi dôležitá, ale zároveň indukuje niektoré problémy - statickú a dynamickú anizeikoniou. Kým statická anizeikonია predstavuje rozdielnu veľkosť vnímaných obrazov oboma očami, dynamická anizeikonია je spojená s pohybmi očí a označuje rozdielne požadovanú rotáciu očí na to, aby obe hľadeli na ten istý bod v priestore. Oba problémy sú neodmysliteľne spojené s korekciou anizometropie a môžu viesť k tvorbe symptómov - tie sa predpokladajú približne u 4 % populácie.

Cieľom mojej bakalárskej práce je zhromaždiť dostupné informácie o oboch problémoch, s dôrazom na ich využiteľnosť v praxi, aby po jej prečítaní bolo jednoduchšie určiť prítomnosť anizeikonie, či už podľa symptómov pacienta, alebo pomocou testov uskutočniteľných aj s bežne dostupnou refrakčnou sadou. Ďalším, podstatným, cieľom práce je predstaviť jednotlivé možnosti korekcie týchto problémov, menovite korekcia kontaktnými šošovkami, kombinácia kontaktných šošoviek s čiastočnou okuliarovou korekciou, čiastočná okuliarová korekcia, zmena veľkosti vnímaného obrazu pomocou úpravy parametrov okuliarových šošoviek (optická mohutnosť prednej plochy šošovky, hrúbka šošovky, vzdialenosť okuliarov od očí, posun fazety) a možnosti refrakčnej chirurgie. Každá metóda je uvedená vrátane ich výhod a nevýhod, pričom sa zameriavam taktiež na určité špeciálne skupiny pacientov s anizeikoniou (napríklad pri monokulárnej afakii, vysokej myopickej anizometropii u detí).

Pri písaní bakalárskej práce som používala zahraničnú literatúru, ktorá zatiaľ nie je oficiálne preložená do českého jazyka.

1 ANIZOMETROPIA

Ojedinele používaný termín izometropia označuje rovnakú refrakčnú vadu oboch očí. Naproti tomu anizometropia je stav, kedy je medzi oboma očami podstatný rozdiel vo veľkosti refrakčnej vady. Toto pomenovanie pochádza z gréčtiny a znamená „nerovnaká miera videnia“. Všeobecné kritérium anizometropie činí rozdiel 1 D a viac medzi oboma očami.

[1, 2]

Malý stupeň anizometropie je veľmi rozšírený a vyšší stupeň je prítomný najmä pri myopickej anizometrii. Podľa Trotterových výskumov z roku 1967 sa vyskytuje anizometropia do 2,0 D u 96,4 % a klinicky významná anizometropia 2,0 D a viac iba u 3,6 %. Almeder [3] vykonal 10 ročnú štúdiu s 686 deťmi vo veku od 3 mesiacov do 9 rokov, v ktorej zistil výskyt anizometropie u 2,8 %.

[2, 4]

Dioptrický rozsah anizometropie	Sférická anizometropia (%)	Cylindrická anizometropia (%)
0 - 0,5	79,8	86,8
0,62 - 1,00	11,8	8,1
1,12 - 1,50	3,4	2,3
1,62 - 2,00	1,9	1,3
2,12 - 2,50	1	0,6
2,62 - 3,00	0,7	0,3
3,12 - 3,50	0,4	0,2
3,62 - 4,00	0,3	0,1
> 4,00	0,7	0,3

Tab. 1 - Prevalencia anizometropie v intervaloch z roku 1966 [5]

Prevalencia anizometropie je približne 20% pre rozdiel vo sférickom ekvivalente 0,5 D a viac a klesá na 2 - 3 % pre rozdiel 3 D a viac. [6] Podľa štúdie z roku 2011 [7] skúmajúcej záznamy 13 535 uchádzačov o refrakčnú operáciu bola zistená prevalencia anizometropie pri subjektívnej refrakcii 18,5 % a pri cykloplegickej refrakcii 19,3 %.

Existujú štúdie skúmajúce spojitosť medzi očnou dominanciou a stupňom anizometropie. Štúdie z roku 2016 sa zaoberali myopickou anizometriou [8] a hypermetropickou anizometriou [9]. Bolo zistené, že s rastúcou anizometriou bolo oko s vyššou refrakciou nedominantné.

1.1 Delenie anizometropie

Anizometropia sa delí na refrakčnú (systémovú), axiálnu (osovú) a zmiešanú. Refrakčná anizometropia nastáva, ak je axiálna dĺžka oboch očí rovnaká, ale lámavosť ich optických prostredí je rozdielna. Naopak axiálna anizometropia vzniká pri rozdielnej axiálnej dĺžke očí s približne rovnakou lámavosťou ich optických prostredí. [2]

Ďalšie delenie môže byť na myopickú, hypermetropickú, astigmatickú a zmiešanú anizometriu. Stav, kedy je refrakcia jedného oka myopická a druhého oka hypermetropická, je označovaný ako antimetropia. Zvláštnym typom je latentná (relatívna) anizometropia, kedy majú jednotlivé optické elementy oka rôznu hodnotu, ale pomer medzi nimi je u oboch očí zhodný (t. j. navonok je refrakcia oboch očí zhodná). Hypermetropická anizometropia bola uvedená ako viac bežná než iné typy anizometropie.

[1, 4, 10]

Anizometriu je možné deliť aj podľa hodnoty dioptrického rozdielu medzi oboma očami, čo súvisí aj s výskytom symptómov. Nízka anizometropia sa pohybuje medzi 0 - 2 D, vysoká anizometropia medzi 2 - 6 D a pri veľmi vysokej anizometrii je rozdiel v refrakcii medzi oboma očami vyšší ako 6 D.

[10]

1.2 Príznaky anizometropie

Pri menej závažných prípadoch (bez predchádzajúcej korekcie) sa vyskytuje nekorigovaná anizometropia zvyčajne bez symptómov. U malých a stredne veľkých anizometrií môže viesť neschopnosť udržať ostré obrazy na oboch sietniciach

súčasne k zvýšenej námahe očí. Naopak pri anizometrii nad 2,0 D už nie je snaha o udržanie jednoduchého binokulárneho videnia a teda výskyt symptómov býva zriedkavý. Antimetropia zvykne byť objavená iba pri rutinnom vyšetrení zraku, keďže často nevedie k astenopickým problémom.

[1]

Popisujú sa dva extrémne prípady nekorigovanej anizometropie. Prvým takýmto prípadom je pacient s jedným okom takmer emetropickým a druhým myopickým. Kým menej myopické oko (napr. - 0,25 D) má vízus dostatočne dobrý a ostrého videnia je schopné na 4 m, viac myopické oko (napr. - 3,0 D) má slabú zrakovú ostrosť a ostrý sietnicový obraz predmetu vzdialeného 33 cm. Následkom takéhoto stavu je používanie menej myopického oka pri videní na diaľku a viac myopického oka pri videní na blízko. Vedie to k slabej stereopsii, avšak osoba nemusí pociťovať problém a v neskoršom veku nezvykne byť potrebná presbyopická korekcia v dôsledku vbudovanej monovision.

[1]

Druhým extrémnym prípadom nekorigovanej anizometropie je pacient s jedným okom takmer emetropickým a druhým hypermetropickým. Ak má pacient dostatočnú akomodačnú kapacitu, vízus oboch očí bude relatívne dobrý. Niekedy môže neschopnosť súčasne zaostriť viesť k zvýšenej námahe očí. Menej hypermetropické oko (napr. + 0,25 D) potrebuje iba 0,25 D akomodácie na vytvorenie ostrého sietnicového obrazu a je používané na videnie do diaľky i do blízka. Naproti tomu viac hypermetropické oko (napr. + 3,0 D) potrebuje viac akomodovať na akúkoľvek vzdialenosť (na diaľku potrebuje 3,0 D akomodácie a na vzdialenosť 40 cm potrebuje až 5,50 D akomodácie). Keďže toto oko nebude mať nikdy ostrý obraz na sietnici, vedie to k jeho útlmu a môže sa rozvíjať amblyopia. Polovica až dve tretiny amblyopických pacientov majú anizometriu buď samotnú, alebo v kombinácii so strabizmom.

[1, 6]

1.3 Korekcia anizometropie

Základným pravidlom pri korekcii anizometropie je, že akýkoľvek rozdiel v refrakcii medzi oboma očami by mal byť plne korigovaný tak, aby pacient dosiahol pre každé oko maximálne zlepšenie zrakovej ostrosti. Ostré sietnicové obrazy tiež uľahčujú fúziu a skvalitňujú akomodačnú odpoveď. Existujú aj výnimky, kedy nie je plná korekcia vhodná. Príkladom môže byť starší pacient, vyžadujúci veľkú zmenu cylindrickej korekcie na jednom oku, ktorá môže viesť k nárastu symptómov a teda treba výslednú korekciu zredukovať.

[1, 11]

Binokulárne používanie anizometropickej korekcie spôsobuje viac typov problémov. Prvým je opticky indukovaná anizeikonia, nazývaná tiež statická anizeikonia, pri ktorej sú vnímané obrazy oboch očí rozdielne veľké. Ďalším problémom je opticky indukovaná anizofória, inak označovaná pomenovaním dynamická anizeikonia. Tento pojem označuje rozdielne požadovanú rotáciu oboch očí na to, aby hľadeli na rovnaký bod v priestore a vzniká v dôsledku rozdielneho prizmatického účinku pri pohľade mimo optické centrum okuliarových šošoviek. Tretím nedostatkom anizometropickej korekcie je odlišná potreba akomodácie jedného a druhého oka. Rozdiel nastáva tiež v hmotnosti pravej a ľavej okuliarovej šošovky a v ich stredovej i okrajovej hrúbke.

[2, 12]

V detstve je nutné pravidelne vyšetrovať refrakciu a v prípade výskytu anizometropie ju riešiť. Zanedbanie jej korekcie môže viesť k amblyopii. Komfortné videnie docielime, ak dieťa nosí anizometrickú korekciu celodenne. Treba ju však pravidelne kontrolovať, pretože u detí sa môže refrakcia rýchlo meniť.

[13, 14]

Je známe, že deti znášajú väčší dioptrický rozdiel ako dospelí, ktorí znesú anizometriu iba 2 - 3 D. Naproti tomu dieťa si dokáže zvyknúť na 5 D hypermetropickej anizometropie a pri myopii na rozdiel až 6 D, čo umožňuje ľahšiu korekciu aj väčších anizometrií. Podľa princípov korigovania anizometropie (tab. 2)

sa u detí koriguje pri hypermetropii anizometropia + 1,5 D a viac, pri myopii - 3 D a viac a pri astigmatizme 1,0 D a viac.

[13, 14]

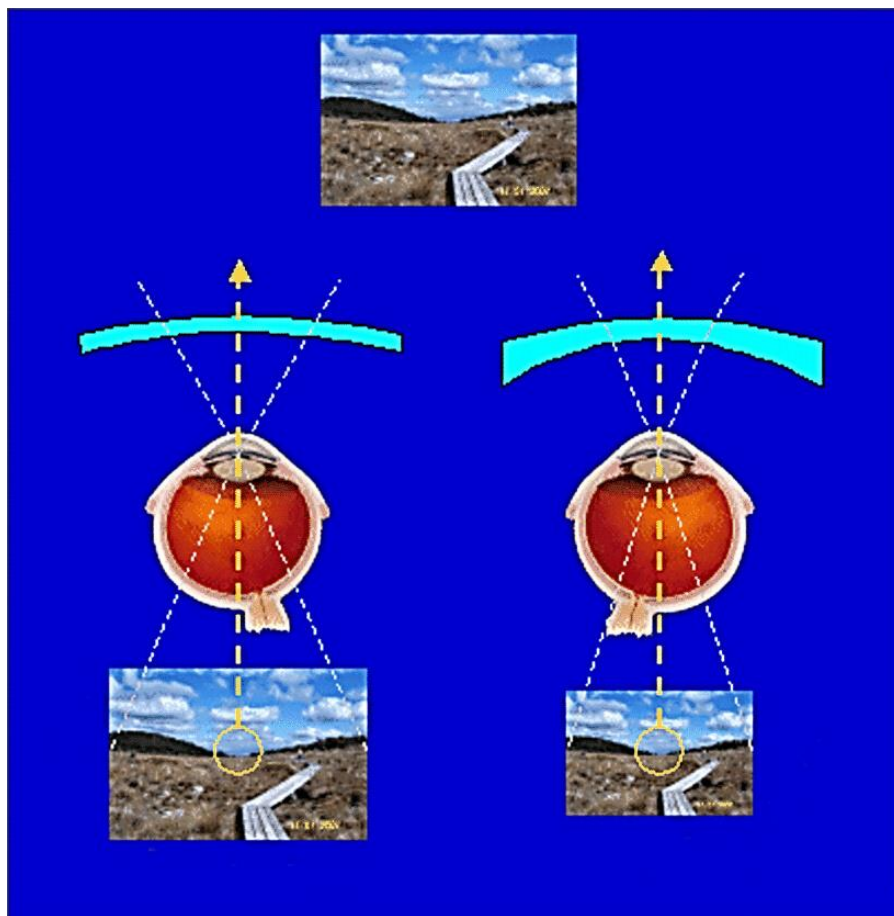
Hypermetropia	Myopia	Astigmatizmus
1,5 D a viac	3,0 D a viac	1,0 D a viac

Tab. 2- Korigovanie refrakčných väd u detí [15]

2 ANIZEIKONIA

Termín anizeikonia (tiež statická anizeikonia) označuje stav, kedy majú obrazy vnímané pravým a ľavým okom relatívne rozdielnu veľkosť a/alebo tvar. Naproti tomu pri izeikonii sú vnímané obrazy oboch očí rovnaké. Anizeikonia závisí prevažne na rozdielnosti zrakových vnemov a teda fyzická veľkosť sietnicových obrazov nemusí byť dôležitá. Ďalej sa zavádza pojem dynamická anizeikonia, ktorý súvisí s pohybmi očí a pohľadom mimo optický stred korekcie a je bližšie popísaný v kapitole 3.

[4, 16, 17]



Obr. 1- Demonštrácia statickej anizeikonie [12]

V praxi môže byť bežné prijímať ľudí s anizeikoniou, ale izeikonická korekcia sa predpisuje zriedka. Len málo vyšetrovaných osôb má izometropiu a izeikoniou. Pri vyšetrení sa udáva hodnota anizeikonie, ktorá určuje, ako veľmi má byť obraz vytvorený pravým okom zväčšený alebo zmenšený, aby bola anizeikonia eliminovaná. Napríklad hodnota anizeikonie - 5 % udáva, že obraz na pravom oku je o 5 % väčší

ako na ľavom a tento stav má byť korigovaný zmenšením obrazu pravého oka o 5 % alebo zväčšením obrazu ľavého oka o 5 %, prípadne ich kombináciou.

[2, 11, 12]

História výskumu anizeikonie sa datuje do polovice 19. storočia. Už v roku 1864 Donders predpokladal, že korekcia anizometropie môže viesť k rozdielu v obrazoch pravého a ľavého oka a narušať tak binokulárne videnie. Lippincott, Green, Friedenwald a Koller vysvetlili na prelome 90. rokov 19. storočia vplyv anizometropickej okuliarovej korekcie na veľkosť sietnicových obrazov. Ich rozdiely pri korigovanej monokulárnej afakii a vysokej anizotropii vypočítal v roku 1912 Von Rohr. Následne Erggelet vyslovil hypotézu, že na rozdiel vo veľkosti obrazov môže mať vplyv aj nerovnaká distribúcia sietnicových elementov oboch očí. Túto teóriu podporili Carleton a Madigan tým, že anizeikonía sa môže vyskytovať aj u bilaterálnych emetropov a izoametropov. Mnoho z dnešnej terminológie a základných myšlienok vychádza z práce Dartmouth Eye Institute. Medzi pracovníkmi inštitútu boli aj oftalmológ Walter B. Lancaster [18], ktorý vymyslel označenie anizeikonía a ďalší výskumník Ogle, ktorý vytvoril termín „ocular image“.

[11, 19]

2.1 Delenie (statickej) anizeikonie

Anizeikonía sa podľa príčin vzniku delí na optickú a neoptickú. Pri optickej anizeikonii majú fyzické obrazy na sietniciach oboch očí rôznu veľkosť a pri neoptickej (anatomickej) anizeikonii sú naopak sietnicové obrazy oboch očí rovnako veľké, avšak sú subjektívne vnímané ako rozdielne veľké.

[17]

Optická anizeikonía sa ďalej člení na prirodzenú a umelú. Prvý typ je daný nesúmernou stavbou optických prostredí a nesúmernou konvergenciou, kedy je pri pozorovaní predmetu ležiaceho bokom jeho sietnicový obraz väčší na oku, ku ktorému je predmet bližšie. K druhému typu optickej anizeikonie patrí stav

po korekcii anizotropie a monokulárna afakia. Dôraz sa kladie najmä na anizeikoniú indukovanú anizotropickou korekciou.

[1, 16, 17]

Príčinou neoptickej anizeikonie môže byť napríklad nesúmerné rozdelenie čapíkov na sietnici ako následok ich hustejšieho rozloženia v temporálnej polovici sietnice. Ďalším podkladom na vznik anizeikonie môže byť rozdielny stav adaptácie, nerovnaká priehľadnosť očných médií (napr. zákal), alebo rôzne činitele v kôrových zrakových centrách v mozgu. Makropsiu a mikropsiu spôsobuje tiež užívanie miotík alebo mydriatík.

[2, 16, 17]

Anizeikonia sa môže deliť taktiež podľa geometrického typu. Prvým je celková anizeikonia, ktorá vzniká kvôli rozdielom vo sférickej časti korekcie pre obe oči a zväčšenie je u nej rovnaké vo všetkých smeroch. Druhým typom je meridionálna anizeikonia, indukovaná rozdielom v cylindrickej časti korekcie, pričom sa rozdiel veľkostí obrazov mení v rôznych meridiánoch. Meridián, v ktorom nastáva nárast zväčšenia, môže byť vertikálny, horizontálny alebo šikmý.

[1, 17]

2.2 Subjektívne symptómy

Prítomnosť symptómov pri anizeikonii sa predpokladá približne u 4 % populácie, pričom prirodzená senzorická adaptácia bráni ich tvorbe. U niektorých jedincov môže už 0,75 % rozdiel vo veľkosti obrazov spôsobovať symptómy. Menšie rozdiely sú relatívne bežné, ale zvyčajne nie sú klinicky významné. Za klinicky významné hodnoty anizeikonie je považovaný rozdiel nad 3 - 5 %, ktorý je bežne, no nie vždy, sprevádzaný tvorbou symptómov. Je všeobecným pravidlom, že s rastom anizotropie rastie aj anizeikonia a tiež význačnosť symptómov. Tie sa vyskytujú predovšetkým pri náhle vzniknutých poruchách refrakcie a veľkosti obrazov, napríklad po korekcii alebo refrakčnej chirurgii.

[2, 11, 12]

Bannon a Triller [20] skúmali u 500 pacientov symptómy anizeikonie a podľa výsledkov zostavili tabuľku, zobrazujúcu ich percentuálny výskyt. Medzi najčastejšie sa vyskytujúce patria bolesti hlavy a astenopické problémy, ktoré zahŕňajú pocit cudzieho telieska, pálenie, rezanie, únavu a slzenie očí. Diplopia tvorí iba 11% symptómov a vzniká zvyčajne pri rozdieli nad 2,5 D, napríklad pri monokulárnej afakii. Ďalšie problémy zahŕňajú zahmlené videnie, problém v binokulárnom a priestorovom videní a skreslené vnímanie ako náklon a zakrivenie vertikálnych objektov.

[1, 4]

Symptómy	Percentuálny podiel pacientov
Bolesti hlavy	67%
Astenopia	67%
Fotofóbia	27%
Problémy pri čítaní	23%
Nauzea	15%
Problémy s motilitou (napr. diplopia)	11%
Nervozita	11%
Vertigo a nevoľnosť	7%
Celková únava	7%
Skreslené vnímanie priestoru	6%

Tab. 3- Percentuálny výskyt symptómov anizeikonie u 500 pacientov [20]

Pacient zriedkavo sám udáva diplopiu. Táto možnosť nastáva pri značnej anizeikonii a v prípade, že sú obrazy dostatočne veľké, ostré a kontrastné. Častejším javom je, ak si pacient všimá zdvojenie pri pohľade na malé predmety na okraji spoločnej časti zorného poľa. Neurčité astenopické príznaky bývajú spojené s malým stupňom anizeikonie.

[17]

Pri samotnom vyšetrení je dôležité dôkladne preskúmať symptómy, vrátane ich trvania a frekvencie. Ak je pacient anizotropický, výskyt anizeikonie je veľmi pravdepodobný. Zo symptómov sú dôležité tie, ktoré pretrvávajú pri nosení korekcie. Astenopické problémy zvyknú byť spojené buď s nekorigovanou ametropiou, heterofóriou alebo anizeikoniou a správne predpísaná korekcia by ich mala eliminovať.

Naopak bolesti hlavy sú zriedka definitívne spojené s používaním očí. Pri dlhodobo pretrvávajúcich príznakoch, ktoré boli v minulosti vyšetrené, je ich častou príčinou práve anizeikonia.

[11]

3 DYNAMICKÁ ANIZEIKONIA

Korekcia anizometropie môže tiež okrem odlišnej veľkosti obrazov navodzovať pri pohľade mimo optický stred nežiadúci prizmatický efekt a tým heterofóriu. Tento stav, súvisiaci s pohybom očí, býva tiež označovaný ako dynamická anizeikonia.

3.1 Prizmatický efekt

Kedykoľvek oko hľadá mimo optické centrum okuliarovej šošovky, je indukovaný prizmatický efekt a predmet v rovine ďalekého bodu je posunutý. Konvexná šošovka sa chová pri pohľade dole ako base-up prizma, pri pohľade hore ako base-down prizma, pri addukcii ako base-out prizma a pri abdukcii ako base-in prizma. Výsledkom u pacienta nosiaceho konvexné okuliarové šošovky rovnakej dioptrickej hodnoty na oboch očiach je napríklad pri pohľade vpravo indukovaný base-in prizmatický efekt pre pravé oko a rovnaký base-out prizmatický efekt pre oko ľavé. Naproti tomu konkávna šošovka sa správa inverzne.

[1, 10, 19]

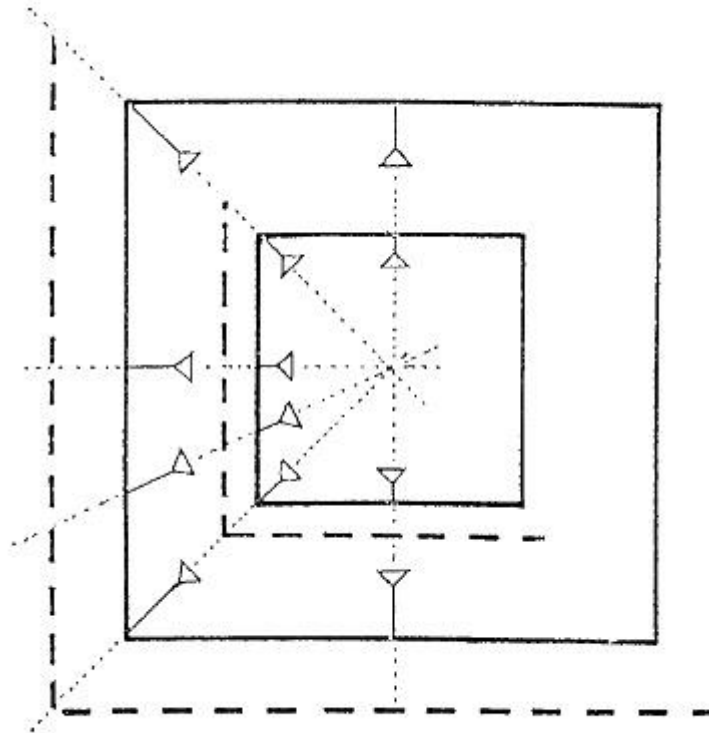
Tento efekt popisuje tzv. Prenticeovo pravidlo, podľa ktorého je prizmatický efekt Δ (v cm/m) rovný násobku vzdialenosti od optického centra šošovky (c , v cm) a optickej mohutnosti šošovky (φ v D). Vyplýva z neho, že prizmatický efekt je indukovaný vo všetkých, okrem primárneho smeru pohľadu a so smerom pohľadu sa neustále mení. Keď sa oči posunú do novej pozície, okulomotorický systém sa musí týmto zmenám prispôbiť. Toto poňatie prizmatického efektu je však iba aproximáciou, pretože okuliarová šošovka nie je jednoduchá prizma, ale neprestajne sa meniace kontinuum priziem.

[10, 19]

Celkovým následkom prizmatického efektu je zmena veľkosti obrazu, ktorá rastie lineárne od centra. Tento efekt je znázornený na obr. 2. Ak na všetky body dvoch štvorcov aplikujeme Prenticeovo pravidlo, výsledkom je zväčšenie oboch štvorcov.

Pre tenkú šošovku platí, že lineárny posun vyplývajúci zo zväčšenia smerom od optického centra rastie.

[19]



Obr. 2 – Aplikácia Prenticeovho pravidla na dva štvorce [19]

3.2 Dynamická anizeikonía

Pri korekcii anizometropie okuliarovými šošovkami s rozdielnymi dioptrickými hodnotami sa pri pohľade mimo optické centrá indukuje rozdielny prizmatický efekt. Výsledný prizmatický efekt je určený šošovkou s vyššou refrakčnou hodnotou. Ak má napríklad šošovka pred pravým okom vyššiu plusovú dioptrickú hodnotu ako šošovka pred ľavým okom, pri konjugovanom pohľade vpravo bude výsledný prizmatický efekt base-in. Tento stav je všeobecne označovaný termínom anizofória, ktorý označuje, že veľkosť heterofórie sa pri rôznych smeroch pohľadu líši. Ak je príčinou anizofórie korekcia anizometropie, ide o indukovanú (optickú) anizofóriu. Ďalším typom je

esenciálna anizofória, vznikajúca na základe parézy alebo spazmu jedného alebo viacerých okohybných svalov.

[1, 10, 19]

Na zdôraznenie súvisu medzi indukovanou anizofóriou a anizeikoniou Remole [19] nazval tento efekt tiež dynamická anizeikonia. Kým termín statická anizeikonia (viz kap. 2) označuje rozdiel vo veľkosti obrazov pri fixácii na jeden bod vo veľmi krátkom okamihu času, dynamická anizeikonia odkazuje na rozdielne požadovanú rotáciu očí, aby obe hľadeli na rovnaký bod v priestore. Pri korekcii anizometropie okuliarovými šošovkami sú tieto dva efekty prakticky neoddeliteľné. Môžu sa však vyskytovať aj jednotlivo. Dynamická anizeikonia je zvyčajne väčšia ako statická.

[10, 12]

Skôr, ako bol zavedený termín anizeikonia, Hess veril, že problémy spôsobené korekciou anizometropie vznikajú na základe rozdielneho prizmatického efektu. Stav doporučoval riešiť pomocou viacnásobných prizmatických segmentov. Rozdielny prizmatický efekt, sprevádzajúci indukovanú anizeikoniou, popísal na začiatku dvadsiateho storočia Edward Jackson. Podľa neho, v snahe preniesť vnem jedného bodu do fovey každého oka, optické osi musia byť vytočené do odlišných smerov. Pre vedcov z Dartmouth Eye Institute nebol prizmatický efekt tak dôležitý, ako rozdiely vo veľkostiach vnímaných obrazov, pretože prizmatické efekty boli numericky malé a predpokladali, že je možné ich prekonať adaptáciou okohybného aparátu. Vyhlásenia vedcov tohto inštitútu mali vplyv na ďalšie výskumy, ktoré boli prevažne zamerané na rozdielne veľkosti vnímaných obrazov. Na diagnostiku a riešenie optickej i esenciálnej anizofórie sa zamerlal Friedenwald a naznačil, že niektoré prístroje použité na meranie anizeikonie v skutočnosti merali anizofóriu.

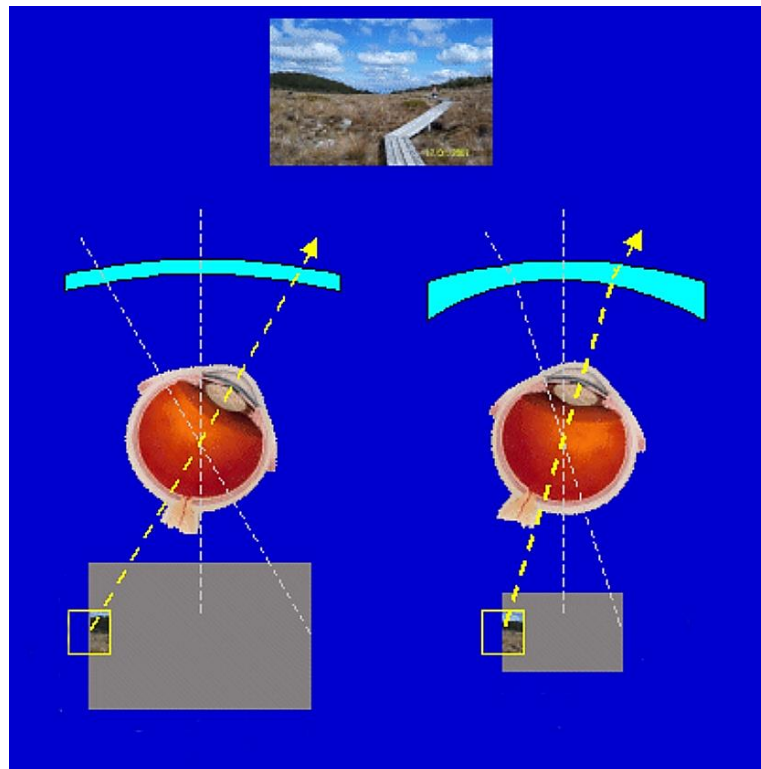
[19]

3.3 Symptómy

Predpis anizometropickej korekcie sprevádzajú symptómy, ktorých príčinami sú indukovaná anizofória a indukovaná anizeikonia. Problémy vznikajú zvyčajne pri rozdieli väčšom ako 2 D. Nie je zrejmé, ktorý z dvoch efektov je problematickejší,

pretože oba navzájom sprevádzajú korekciu anizometropie. V minulosti sa verilo v ľahkú adaptáciu okohybného systému na rozdielny prizmatický efekt a hlavným zdrojom astenopických problémov mala byť anizeikonia. Avšak nové požiadavky na vergenčný systém v stave pred adaptáciou môžu predstavovať značné problémy. Podľa ďalších názorov môže byť hlavnou príčinou astenopických a iných problémov práve anizofória. V snahe o udržanie jednoduchého binokulárneho videnia sú oči nútené nerovnomerne sa otáčať a to vedie k námahe binokulárneho systému. Ak má pacient napríklad pravé oko viac hypermetropické ako ľavé, pri pohľade vpravo sa indukuje base-in prizmatický efekt, ktorého následkom je situácia obdobná esofórii, vyžadujúca použitie negatívnej fúznej vergencie. Pri pohľade vľavo je naopak indukovaný base-out prizmatický efekt vedúci k stavu obdobnému exofórii, vyžadujúc použitie pozitívnej fúznej vergencie.

[1, 10, 16, 19]



Obr. 3 – Indukovaná dynamická anizeikonia pri pohľade vpravo, ak je pravé oko viac myopické [12]

Neustále zmeny fúznej vergencie môžu byť zdrojom bolesti hlavy, diplopie, závratov, nauzey a ďalších foriem námahy očí. Problémy sa môžu prejavovať aj ako

pocit „neustáleho zaostrovania“. Pacienti zvyknú problémy spôsobené anizofóriou kompenzovať sklonom hlavy.

[1, 4, 10]

Anizofória v horizontálnom smere je menej pravdepodobnou príčinou symptómov, pretože horizontálne fúzne rezervy sú dostatočne veľké, aby problém eliminovali. Vertikálne disjunktné pohyby nie sú fyziologicky požadované, až kým nie sú umelo indukované rozdielnym prizmatickým efektom. Vertikálne fúzne rezervy sú slabšie a tak s väčšou pravdepodobnosťou vedie k symptómom práve anizofória vo vertikálnom meridiáne. Šikmý smer pohľadu obsahuje aj vertikálny komponent a môže viesť k potenciálnemu problému.

[10, 16, 19]

Na pacientov v presbyopickom veku požadujúcich bifokálne okuliarové šošovky je potreba brať špeciálny ohľad. Anizometropická korekcia indukujúca pri pohľade nadol vertikálny prizmatický efekt môže viesť k symptómom. Hoci sa pacienti často vyhnú anizofórii pootočením hlavy, ak sú potrebné bifokálne šošovky, musia pacienti pri čítaní pohnúť očami smerom nadol a tak sa môžu asymptomatickí vykorigovaní anizometropovia stať symptomatickými. Dlhoroční anizometropovia, ktorí neotáčajú hlavu, sa môžu na bifokálne okuliare ľahko adaptovať. Naproti tomu tí, ktorí hlavu otáčajú alebo sa len nedávno stali anizometropickými, sa adaptujú s menšou pravdepodobnosťou. Problém je väčší u progresívnych šošoviek. Možné riešenia sú bližšie popísané v kapitole 5.3.2.

[10]

3.4 Adaptácia

Napriek tomu, že mnohí pacienti sú schopní adaptácie na časť alebo všetky indukované prizmatické efekty, značný počet pacientov toho schopných nie je a vyskytujú sa u nich symptómy. Oči sa adaptujú schopnosťou otáčať sa rozdielnou rýchlosťou a v rôznom rozsahu. To vedie k eliminácii rozdielov ďalekých obrazov a kortikálne obrazy budú zhodné. Adaptácia je zriedka úplná, jedno oko zvykne

zaostávať za druhým. Adaptačné mechanizmy sú rýchle a efektívne, avšak mnohí pacienti pociťujú dynamickú anizeikoniú aj po dlhšej dobe nosenia anizometropickej okuliarovej korekcie. Pri novej korekcii je anizofórická odozva častá.

[10, 19]

Ellerbrock a Fry [21] zistili, že anizometropovia majú do istej miery rozvinutú kapacitu pre kompenzáciu prizmatických nerovností pri pohľade priamo vpred a v čítacej pozícii. Ich štúdiá však bola limitovaná na tieto dva body a líšila sa od reálnych podmienok, kedy sú požadované rýchle pohyby očí všetkými smermi. Ellerbrock [22] tiež venoval štúdiu hodnote kompenzácie anizometropickej korekcie u pacienta pri pohľade nahor a nadol v 20° posune a tiež pri pohľade priamo vpred. Subjekt hľadel v každom smere po 20 minút a sledovala sa jeho adaptácia. Výsledkom bolo zistenie, že indukované fórie sú zväčša kompenzované v priebehu niekoľkých minút.

[19]

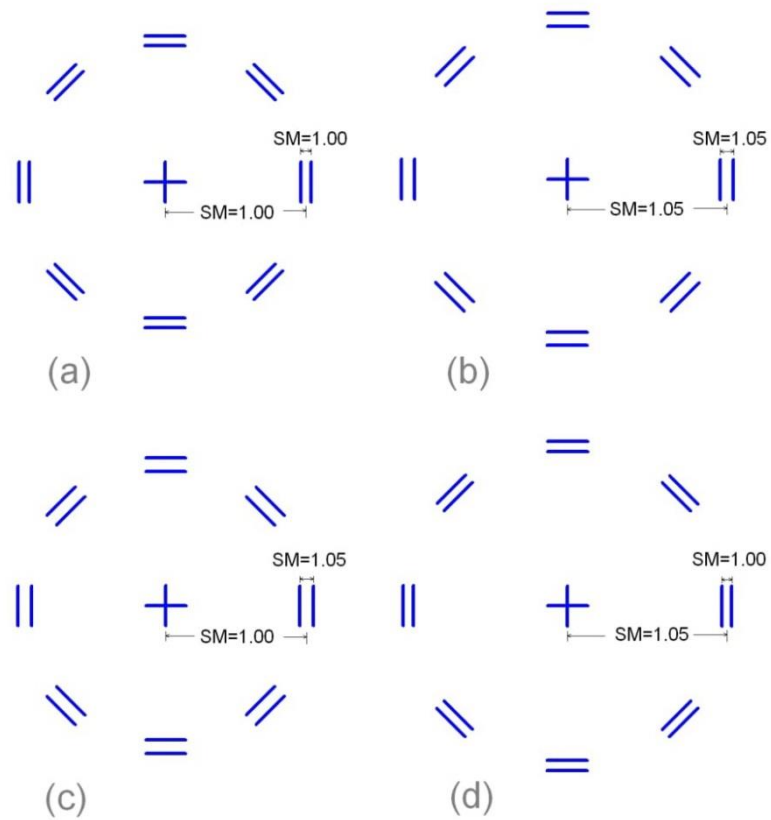
Na určenie, či bude pacient schopný adaptácie na indukovaný vertikálny prizmatický efekt, by mal byť predpis korekcie demonštrovaný v skúšobnej obrube. Pacient fixuje pohľadom v rovine čítania 10 až 20 minút a vychádza sa zo znalosti, že mnoho pacientov sa adaptuje po 3 až 10 minútach. Ak sa pacient nestane symptomatickým alebo sa uňho neprejaví vertikálna odchýlka, je schopný úspešnej adaptácie na vertikálny prizmatický efekt. Alternatívou tejto metódy je stanovenie pacientovej krivky vertikálnej fixačnej disparity. Zistilo sa, že pacienti s relatívne strmým sklonom krivky sú schopní adaptácie na vertikálnu prizmu s menšou pravdepodobnosťou.

[10]

Pri efekte dynamickej anizeikonie sú zvažované aj ďalšie faktory. Schopnosť fixovať sa zaoberá otázkami, ako presne je pacient schopný fixovať a či sú prítomné odchýlky aj napriek adaptácii. Ohľad sa berie tiež na komfort. Na obr. 4 sú vyobrazené terče znázorňujúce dynamickú (d) a statickú (c) anizeikoniú zvlášť i kombinovane (b), spolu s kontrolným stimulom (a) zhodným pre obe oči. Terče boli prezentované pacientom v náhodnom poradí a museli byť rozlíšené podľa komfortu. Kontrolná

situácia bola označená ako najkomfortnejšia, zatiaľ čo situácia znázorňujúca dynamickú anizeikoniou ako najmenej komfortná.

[19]



Obr. 4 – Terče na porovnanie izeikonie a dvoch typov anizeikonie [23]

4 MERANIE ANIZEIKONIE

Na analýze optických komponentov očí môže byť založený odhad, či má pacient refrakčnú alebo axiálnu anizometriu, čo úzko súvisí s nutnosťou korekcie (bližšie viz kap. 5). Pravidlo pre korekciu anizeikonie bez jej predošlého merania je založené na Knappovom zákone, ktorý sa týka veľkostí sietnicových obrazov pri ametropii a možností ich korekcie. Hovorí, že ak má pacient axiálnu anizometriu, korekcia okuliarovými šošovkami by mala viesť k minimálnemu rozdielu veľkostí sietnicových obrazov oboch očí, na rozdiel od korekcie kontaktnými šošovkami. Vychádza z rovnice relatívneho okuliarového zväčšenia RSM odvodennej pre prípad axiálnej ametropie:

$$RSM = \frac{1}{1+gS_B'},$$

kde g predstavuje vzdialenosť od predného ohniska oka ku korekčnej šošovke a S_B' je zadná vrcholová lámavosť. Keďže podľa Gullstrandovho modelu oka sa predné ohnisko oka nachádza vo vzdialenosti 15,7 mm pred rohovkou, umiestnenie okuliarovej šošovky do tejto vzdialenosti pred okom bude viesť k tomu, že RSM bude rovné jednej.

V prípade refrakčnej anizotropie je rovnica relatívneho okuliarového zväčšenia taká istá ako silový faktor rovnice okuliarového zväčšenia (viz kap. 4.1), pretože veľkosť sietnicového obrazu u pacienta s refrakčnou ametropiou je rovnaký ako u emetropického oka a teda veľkosť sietnicového obrazu u pacienta s korigovanou refrakčnou ametropiou je rovný zväčšeniu indukovanému korekčnou šošovkou.

$$RSM = \frac{1}{1-dS_B'},$$

kde d predstavuje vzdialenosť zadného vrcholu šošovky od vstupnej pupily oka ($d =$ vrcholová vzdialenosť + 3 mm).

[1, 10, 12]

Sorsby a kolektív [24] v jednej zo štúdií refrakčných komponentov pri ametropii dospeli k záveru, že ametropia do približne $\pm 4,0$ D vzniká väčšinou kvôli kombinácii axiálnych a refrakčných príčin, pričom ametropia väčšia ako $\pm 4,0$ D bola takmer vždy následkom abnormálnej axiálnej dĺžky oka. Z tejto informácie vyplýva, že ak je pacient

takmer emetropický na jednom oku a má viac ako $\pm 4,0$ D ametropie na oku druhom, je pravdepodobné, že anizometropia je axiálna. Ak má však na druhom oku menej ako $\pm 4,0$ D, anizometropia je s väčšou pravdepodobnosťou refrakčná. Treba však stav zvažovať ako hľadisko pravdepodobnosti, pretože $\pm 4,0$ D nie je medzným bodom.

[1]

Ďalšou možnou metódou určenia, či je anizometropia axiálna alebo refrakčná, je porovnanie keratometrických nálezov oboch očí. Ak sa nálezy oboch očí líšia o viac ako $1,0$ D, anizometropia je pravdepodobne refrakčná. Naopak, ak sú hodnoty pre obe oči približne rovnaké, ide zrejme o axiálnu anizometriu. S možnosťou ultrasonografie je realizovateľné meranie axiálnej dĺžky oka, ktoré môže byť použité aj v kombinácii s keratometriou pre lepšiu charakteristiku optických komponentov oka.

[1, 10]

Existujú situácie, pri ktorých sa dá presne predpovedať typ anizotropie. V prípade, že má starší pacient na jednom oku nukleárnu kataraktu a teda je viac myopické, má na tomto oku refrakčnú ametropiu. Druhou predpovedateľnou situáciou je pacient s vysokým astigmatizmom na oboch očiach, ktorého príčinou je takmer vždy rohovka.

[1]

Pre správnu korekciu je potrebné poznať nielen typ, ale aj veľkosť anizeikonie. Pre hrubý odhad prítomnosti anizeikonie môže byť použitá oklúzia. Ak sú pacientove symptómy eliminované pri oklúzii jedného oka, ich pravdepodobnou príčinou môže byť po vylúčení ostatných binokulárnych problémov anizeikonie.

[11]

Najlepším ukazovateľom prítomnosti anizeikonie je aktuálne meranie rozdielu veľkostí vnímaných obrazov oboch očí alebo rozdielu medzi primárnymi meridiánmi toho istého oka. Subjektívne meranie anizeikonie je spoľahlivejší determinant vnímaného rozdielu aj v prípade, že je v rozpore s analýzou očného komponentu. Niektoré metódy merajú oba typy anizeikonie (statickú i dynamickú), niektoré iba jeden.

[10, 12, 19]

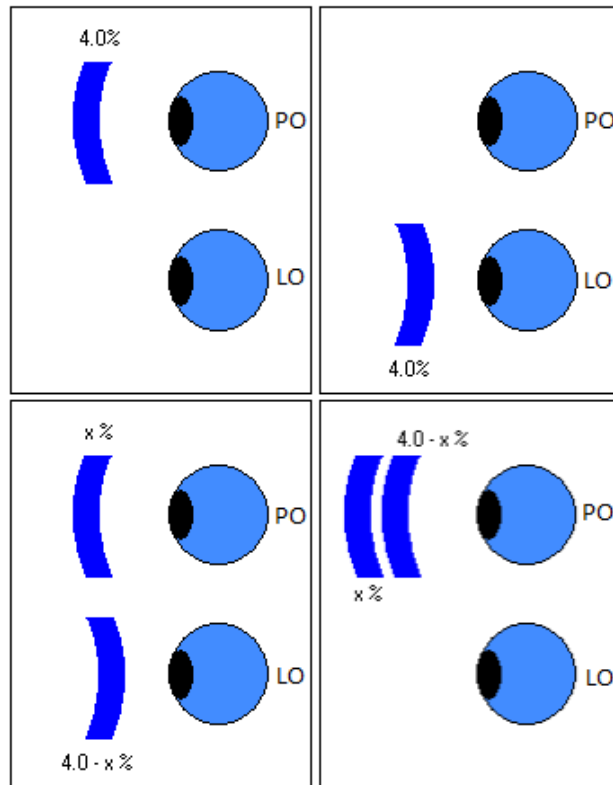
4.1 Size lenses

Size lenses sú diagnostické afokálne šošovky (bez refrakčnej sily) s nenulovým optickým zväčšením, založeným na kombinácii ich predného zakrivenia a centrálnej hrúbky. Používajú sa na analýzu anizeikonie pri jej subjektívnom meraní. Poskytujú tiež pacientovi pocit, aké by to bolo mať určitú anizeikonickú korekciu. Ak size lenses pri umiestnení pred oko zmiernia symptómy pacienta, je ich pravdepodobnou príčinou práve anizeikonia. Pre kompletnú diagnózu sa šošovka umiestni pred druhé oko a následne by mali byť symptómy zhoršené. Sada optometristu by mala obsahovať minimálne približne 5 šošoviek, v rozmedzí od asi 1 % do 5 %. Sada meridionálnych šošoviek je nevyhnutná iba pri niektorých metódach merania.

[11, 12, 16, 19]

Ak meranie ukázalo, že pacient má 4% anizeikoniou, znamená to, že obraz vnímaný pravým okom potrebuje byť zväčšený o 4 %, aby bol problém eliminovaný. Aby pacient videl, aký by bol efekt 4% anizeikonickkej korekcie, je size lens daného zväčšenia umiestnená pred pravé oko konkávnou stranou smerom k oku. Pre dosiahnutie zhodnej veľkosti obrazov je tiež možné jej preklopením a presunutím pred ľavé oko namiesto zväčšenia obrazu pravého oka zmenšiť obraz vnímaný ľavým okom. S kombináciou dvoch size lenses je možné korigovať aj vyššie hodnoty anizeikonie.

[12]



Obr. 5- Umiestnenie size lenses v prípade 4% anizeikonie [12]

Existuje možnosť navrhnuť si vlastné size lenses a nechať ich vyhotoviť. Na určenie špecifikácii je aplikovaná základná rovnica zväčšenia okuliarových šošoviek SM v upravenej forme

$$SM = \left(\frac{1}{1 - \frac{t}{n} \varphi_1} \right) \times \left(\frac{1}{1 - dS_B'} \right),$$

kde t je hrúbka šošovky, n je index lomu materiálu šošovky, φ_1 značí optickú mohutnosť prednej plochy šošovky. Pritom prvá zátvorka v rovnici je obvykle označovaná ako tvarový faktor a druhá zátvorka ako silový faktor.

Pretože je zadná vrcholová lámavosť size lens nulová, je možné odvodiť:

$$\varphi_1 = \frac{SM - 1}{\left(\frac{t}{n} SM \right)}$$

Základná rovnica pre druhú plochu okuliarovej šošovky potom je:

$$\varphi_2 = - \frac{\varphi_1}{\left(1 - \frac{t}{n} \varphi_1 \right)}$$

[19]

Aj skúšobné šošovky o nízkych hodnotách môžu byť použité na vytvorenie malého zväčšenia (plusové pre zväčšenie, mínusové pre zmenšenie). Kulp a kolektív [10] navrhli metódu skonštruovania size lenses použitím párov skúšobných šošoviek v skúšobnom ráme. Pri umiestnení dvoch skúšobných šošoviek o rovnakej vrcholovej lámavosti (jednej pozitívnej a jednej negatívnej) do skúšobného rámu, vzniká približne afokálny teleskop. Jedna šošovka sa má nachádzať v prednom prstenci a druhá v zadnom, pričom sú od seba vzdialené 12 mm. Zväčšenie nastáva pri umiestnení mínusovej šošovky bližšie k oku a naopak zmenšenie pri umiestnení plusovej šošovky bližšie k oku. Približné hodnoty udáva tab. 4. Ďalšou, presnejšou možnosťou je použiť páry skúšobných šošoviek s jemne rozdielnymi optickými mohutnosťami ϕ_1 , ϕ_2 na vytvorenie takmer hocijakej hodnoty zväčšenia, používajúc nasledujúci vzorec:

$$SM = \frac{-\phi_2}{\phi_1}$$

Na zahrnutie refrakčnej korekcie by mala byť hodnota korekčnej šošovky pridaná ku šošovke v zadnom článku skúšobného rámu. Meridionálne size lenses môžu byť skonštruované použitím cylindrických šošoviek.

[1]

ϕ_1	ϕ_2	Zväčšenie <i>SM</i>
+1,0 D	-1,0 D	0,80%
+2,0 D	-2,0 D	1,50%
+3,0 D	-3,0 D	2,30%
+4,0 D	-4,0 D	3,00%

Tab. 4- Približné hodnoty zväčšenia dosiahnuté použitím skúšobných okuliarových šošoviek [1]

4.2 Metódy merania anizeikonie

Všetky metódy boli navrhnuté na určenie prítomnosti rozdielu vo veľkosti vnímaných obrazov na základe reakcií pacienta. Ide o alternatívne metódy merania anizeikonie, ktoré môžu byť klinicky užitočné. Meranie je možné uskutočniť pomocou jednoduchých pomôcok a testov (porovnanie veľkostí diplopických obrazov, alternujúci zakrývaci test, Turville test, Polarizovaný optotyp, Maddoxov cylinder a dvojbodový

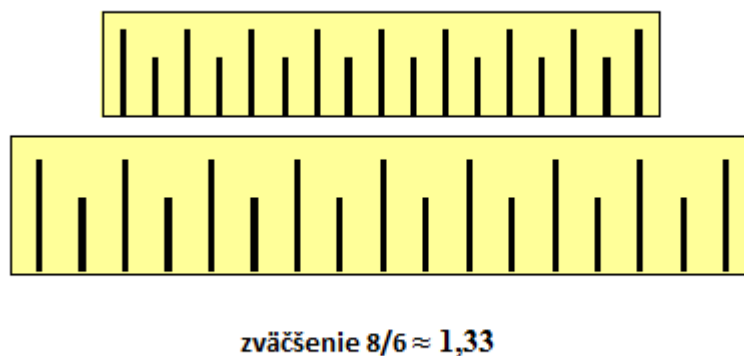
svetelný zdroj, New Aniseikonia Test, The Aniseikonia Inspector 3) alebo pomocou špeciálnych prístrojov (Space eikonometer).

[1, 10]

Porovnanie veľkostí diplopických obrazov

Porovnanie diplopických obrazov je jednoduché, hoci menej citlivé meranie rozdielu veľkostí obrazov medzi oboma očami. Používa sa na odhadnutie horizontálnej, vertikálnej alebo celkovej anizeikonie. Pacient má príslušnú okuliarovú korekciu a fixuje na štvorcový terč, ktorý je zdvojený použitím vertikálnej prizmy o hodnote približne 5Δ . Ak je prítomná horizontálna fória, terč bude vnímaný ako horizontálne posunutý. Pacient porovnáva vnímaný horizontálny rozsah vrchného a spodného terča, pričom rozdiel upozorňuje na horizontálnu anizeikoniu. Následne je pred oko s menším vnímaným obrazom umiestnená size lens a percento zväčšenia šošovky sa mení, kým sa oba terče nejaví ako horizontálne rovnako dlhé. Proces sa opakuje pre vertikálne rozmery. Namiesto štvorcového terča môže byť použité písmeno E o veľkosti 0,05 pozorované zo vzdialenosti 6 metrov. Alternatívou prizmatickej disociácie je umiestnenie prizmy 6 - 8 pD base-up na jedno oko a porovnanie zdvojeného obrazu stupnice (obr. 6).

[1, 11, 16]



Obr. 6- Porovnanie zdvojeného obrazu stupnice [16]

Alternujúci zakrývaci test

Na zistenie a odhadnutie hodnoty anizeikonie je možné použiť alternujúci zakrývaci test. Pacient má príslušnú okuliarovú korekciu a fixuje na vzdialený štvorcový terč, jediný v zornom poli. Striedavo sú obe oči zakrývané a pacient porovnáva horizontálnu veľkosť terča videného každým okom. Pohyb zakrývania by mal byť rýchly a pred každým okom by mal zostať približne na 1 sekundu. Ak je prítomný rozdiel vo veľkosti vnímaných obrazov, postup sa opakuje so size lenses pred okom s menším vnímaným obrazom, až kým sa obraz videný striedavo oboma očami nezdá byť rovnako veľký. Proces je opakovaný pre vertikálne rozmery. Citlivosť tejto metódy je pravdepodobne vhodná iba pre väčšie hodnoty anizeikonie.

[10, 11]

Turville test

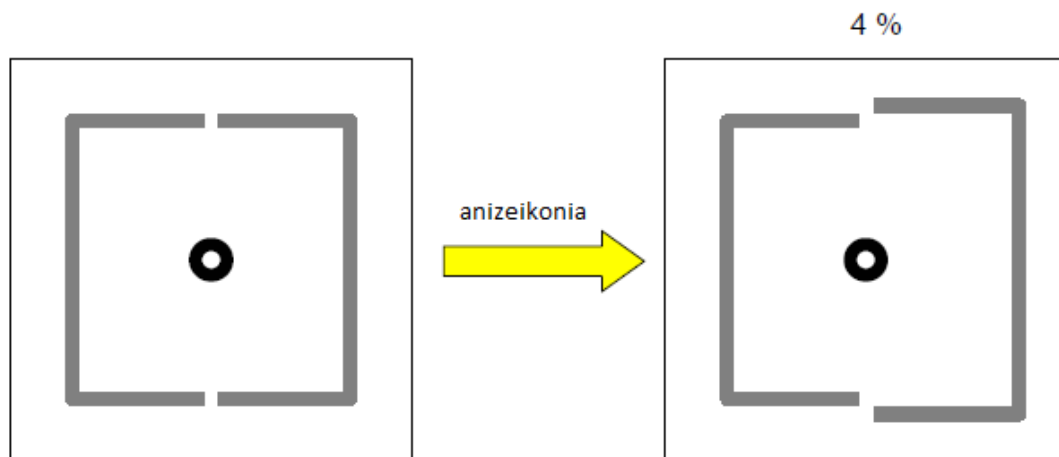
Turville test bol navrhnutý na zistenie a meranie anizeikonie vo vertikálnom meridiáne, používajúc diapozitív s dvomi horizontálnymi linkami. Prepážka je uložená tak, aby pacient videl pravú polovicu terča pravým okom a ľavú polovicu terča ľavým okom, nosiac príslušnú okuliarovú korekciu. Pacient porovná vertikálnu vzdialenosť dvoch liniek na pravom terči so vzdialenosťou dvoch liniek na ľavom terči. Rozdiel naznačuje prítomnosť vertikálnej anizeikonie. Je zmeraná použitím size lenses, až kým sa vnímané vertikálne vzdialenosti liniek na oboch stranách nevyrovnejú. Táto metóda je citlivejšia a dôslednejšia ako alternujúca oklúzia, pretože obrazy môžu byť porovnané vedľa seba.

[10, 11]

Polarizovaný optotyp

Anizeikoniu je možné merať aj pomocou polarizovaného optotypu, pričom hrúbka čiary testu zodpovedá obvykle 4 % z výšky optotypu.

[16]



Obr. 7- Meranie anizeikonie pomocou polarizovaného optotypu [16]

Maddoxov cylinder a dvojbodový svetelný zdroj

Brecher [25] prvýkrát popísal metódu merania anizeikonie s využitím Maddoxovho cylindra. Dva malé zdroje svetla sú umiestnené približne 60 cm ďaleko od pacienta, so vzájomnou horizontálnou vzdialenosťou približne 20 cm. Pacient má príslušnú okuliarovú korekciu a hľadá na tvár vyšetrujúceho, ktorý drží po oboch stranách svetelné zdroje. Cez Maddoxov cylinder, umiestnený pred jedným okom s osou nastavenou na 180 stupňov, vidí jedno oko dva zdroje svetla a druhé oko dve vertikálne svetelné čiary. Pacient porovnáva relatívnu vzdialenosť svetiel s relatívnou vzdialenosťou svetelných pásov. Rozdiel vo vzdialenostiach naznačuje prítomnosť anizeikonie. Na zmeranie anizeikonie je potrebné umiestenie size lens pred oko vnímajúce menšiu vzdialenosť. Tento postup môže byť zopakovaný pre rozličné meridiány pootočením Maddoxovho cylindra a bodových zdrojov svetla. Existujú rôzne modifikácie danej metódy, napríklad nahradením Maddoxovho cylindra červeno-zelenými anaglyfickými okuliarmi. Avšak metóda merania, ktorá požaduje od pacienta vyrovnávanie vzdialeností pohybmi očí, je pravdepodobne meraním dynamickej anizeikonie.

[1, 10, 11]

New aniseikonia test

Ide o priame porovnávanie vnímaných veľkostí obrazov. Na súčasnú okuliarovú korekciu sa nasadia červeno-zelené anaglyfické okuliare, zabezpečujúce oddelenie vnemov pravého a ľavého oka. Používajú sa špeciálne tlačene brožúry zobrazujúce červené a zelené polmesiace. Pacient porovnáva veľkosti susediacich obrazov a ich rozdiely sa redukujú pomocou size lenses. Test môže byť použitý pre vertikálne aj horizontálne parametre, poskytuje však horší odhad hodnôt anizeikonie v porovnaní s použitím prístroja Space eikonometer.

[10, 11]

The Aniseikonia Inspector 3

The Aniseikonia Inspector 3 je test založený na priamom porovnávaní, používajúc červeno-zelené anaglyfické okuliare. Pacient pozoruje na monitore počítača sériu testovacích obrázkov a jeho úlohou je určiť, ktorú z dvoch tyčíniek v tvare I vníma ako väčšiu. Po prezentácii všetkých obrázkov sú dáta vynesené na psychometrickú krivku a používajúc metódu maximálnej matematickej pravdepodobnosti je získaná hodnota anizeikonie. V porovnaní s New aniseikonia test je výhodou, že poskytuje informácie o presnosti merania. To je užitočné, najmä ak pacient vykonáva testovanie sám a výsledok je vyhodnocovaný na inom mieste.

[12]

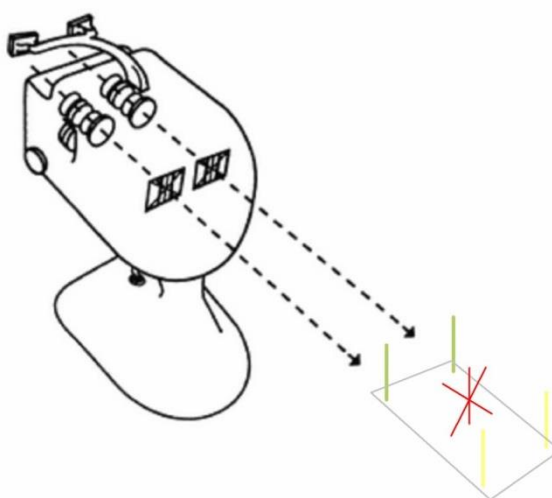
Space eikonometer

Space eikonometer bol prvýkrát predstavený v roku 1951 spoločnosťou American Optical Company. Ide o stereoskopický prístroj navrhnutý na meranie anizeikonie podľa skreslenia priestoru. Väčšina modelov meria výlučne statickú anizeikoniú. Disponuje extrémnou presnosťou a uľahčuje predpis izeikonickéj korekcie, pričom sa u pacientov často zistí malá alebo žiadna anizeikonia. Predpokladom vyšetrenia na Space eikonometri je dobrá stereopsia. K zakúpeniu nie je bežne dostupný ako nový prístroj, ale ako použitý.

[1, 2, 11, 19]

Terč eikonometra sa javí ako dve jasné biele (alebo žltkasté) vertikálne línie za červeným krížom s dvomi kalnými zelenými vertikálnymi líniami pred krížom (obr. 8). Vzhľad terča je premenlivý upravením pozícií kontrolných pák. Pacient má pri meraní nasadenú vlastnú refrakčnú korekciu. Pacient najprv popíše pozície línií pri nastavení prístroja na nulu. Test je ukončený, keď pacient udáva, že všetky časti terča sú rovnako vzdialené.

[11]



Obr. 8- Space eikonometer [11]

4.3 Prekážky pri meraní anizeikonie

Pri akomkoľvek teste na anizeikoniu musí mať pacient binokulárne videnie. Ak je prítomná supresia, je nutné porovnávať vnemy oboch očí samostatne, s (krátkym) časovým odstupom, čo môže skresliť výsledok merania. V takomto prípade môže byť vhodné použiť alternujúci zakrývaci test. Ďalej môžu byť výsledky kontaminované prítomnosťou heterofórie, keďže nepresná bifixácia môže byť interpretovaná ako rozdiel vo veľkosti.

[10, 12]

5 KOREKCIA ANIZEIKONIE

Existuje niekoľko možností korekcie indukovanej anizeikonie, pričom najlepšie riešenie je pre každého pacienta individuálne. Základnými faktormi na zváženie sú hodnota anizeikonie, povaha symptómov a pravdepodobnosť ich eliminácie alebo redukcie pomocou izeikonickéj korekcie. Ďalšími vplyvujúcimi faktormi sú vek pacienta, predchádzajúca korekcia a reakcie na ňu, indikácia nosenia kontaktných šošoviek, práca alebo hobby, cena a kozmetický vzhľad. Takmer vo všetkých prípadoch býva navrhované to najjednoduchšie riešenie. Dôležité je vyriešiť primárny problém pacienta a nevytvoriť pritom nový, pretože aj opticky správny predpis môže byť pacientom vnímaný ako nenositel'ný.

[11, 12]

Pri riešení anizeikonie je možné eliminovať buď odhadovanú, alebo zmeranú anizeikoniú, pričom obe metódy majú svoj význam. Pri odhade rozdielu zväčšenia sa predpokladá závislosť anizeikonie na rozdieloch vo zväčšení okuliarovej korekcie. Metóda je často používaná v prípade nedostupnosti prístrojov na meranie anizeikonie. Na odhadnutie hodnoty zväčšenia sa používa približne 1,0 % na dioptriu anizometropie, táto technika však býva menej presná pri pacientoch s myopickou anizometriou. Predpis podľa tejto metódy dáva o niečo väčšie zväčšenie ako predpis na podklade meranej anizeikonie. Naproti tomu eliminovanie zmeraného rozdielu zväčšenia je uspokojivé pre hyperopickú aj myopickú anizometriu.

[11]

Anizeikoniú je možné riešiť napríklad predpísaním kontaktných šošoviek, čiastočnou korekciou jedného oka, alebo ich kombináciou. Možnosťou je tiež dosiahnutie požadovanej zmeny vo zväčšení okuliarových šošoviek pomocou úpravy ich parametrov. V súčasnosti sú možným riešením tiež refrakčné operácie. Poslednou možnosťou riešenia anizeikonie býva oklúzia jedného oka. Vykonáva sa, ak nie je optické riešenie možné, alebo ak neposkytuje dostatočnú korekciu.

[12]

5.1 Kontaktné šošovky

Pri anizometrii sa doporučuje vždy, keď je to možné, najprv predpísať kontaktné šošovky, ktoré zabezpečia komfortné binokulárne videnie aj v prítomnosti strednej až ťažkej statickej anizeikonie. Extrémne stupne anizotropie však môžu napriek tomu viesť k neschopnosti fúzie monokulárnych obrazov.

[10, 11]

Ukázalo sa, že korekcia kontaktnými šošovkami často indukuje menej statickej anizeikonie ako vhodné okuliarové šošovky. Ich efektom je, že silový faktor rovnice zväčšenia (viz kap. 4.1) sa blíži 1,0, pretože vrcholová vzdialenosť je nulová (šošovky sú extrémne tenké a vzdialenosť od zadného vrcholu šošovky po vstupnú pupilu oka je malá). Pred doporučením kontaktných šošoviek by sa malo zistiť, aká by bola zostávajúca anizeikonía, ak by bol pacientov predpis prevedený do kontaktných šošoviek. Korekcia kontaktnými šošovkami taktiež eliminuje problém dynamickej anizeikonie v dôsledku pohybu kontaktnej šošovky spolu s rotáciou oka a pre pacienta môže byť ľahšie zvládnuť situáciu, kedy je prítomná iba statická anizeikonía. Medzi ich ďalšie výhody patrí neohrozená zraková ostrosť, kozmetická prijateľnosť a relatívne nízka cena.

[10, 11, 12, 26]

Ak má pacient refrakčnú anizometriu ako následok rozdielnosti médií pravého a ľavého oka, korekcia kontaktnými šošovkami by mala podľa Knappovho zákona (viz kap. 4) viesť k minimálnej anizeikonii (viz tab. 5). Príkladom je vysoký astigmatizmus (oboch očí), ktorého zdrojom je takmer vždy rohovka. Výborný optický výsledok môže byť často dosiahnutý pevnými kontaktnými šošovkami.

[1]

Kontaktné šošovky sú vhodným riešením aj pri extrémnom type anizotropie, akým je monokulárna afakia. Dokážu zredukovať rozdiel veľkosti obrazov na 4 – 12 %, čo umožňuje u niektorých pacientov pohodlnú fúziu, najmä ak sú kontaktné šošovky doporučené krátko po extrakcii katarakty. U pacientov, ktorí sa podrobili refrakčnej keratotómii, ale objavila sa u nich anizometropia, sú síce kontaktné šošovky kozmeticky

prijateľné, je však potrebné pozorne sledovať pacienta kvôli možnému rozvoju neovaskularizácie. Pri výskyte anizometropie po penetrujúcej keratoplastike sú RGP (pevné kontaktné šošovky) uspokojuvým riešením vďaka vysokej priepustnosti kyslíka a zníženému rozdielu veľkosti obrazov. V prípade intolerancie kontaktných šošoviek alebo odmietnutia štepu však nemusí byť možné pokračovať v ich nosení.

[4, 10]

U detí s vysokým stupňom anizometropie sú mäkké kontaktné šošovky vhodným riešením, v niektorých prípadoch nevyhnutným pre binokulárne videnie. Toto riešenie je však u malých detí nepraktické a je potrebná asistencija zo strany rodiča.

[10]

Kontraindikáciami nosenia kontaktných šošoviek je napríklad deformovaný predný segment oka, poruchy tvorby a zloženia slzného filmu, vaskularizácia rohovky, infekcie oka a niektoré dystrofie rohovky. Ich nosenie je tiež problematickejšie u starších pacientov.

[27]

5.2 Kombinácia kontaktných šošoviek s okuliarovou korekciou

Alternatívnym riešením korekcie anizometropie je zmena refrakčnej sily jedného zo skiel s pridaním jednej kontaktnej šošovky. Tá obnovuje oslabenú zrakovú ostrosť. Táto kombinácia plní funkciu holandského ďalekohľadu. Pri požiadavke na zväčšenie obrazu kombinujeme spojnú okuliarovú šošovku s mínusovou kontaktnou šošovkou a naopak k zmenšeniu obrazu používame rozptylnú okuliarovú šošovku v kombinácii s plusovou kontaktnou šošovkou.

[2, 12]

Keďže sú použité štandardné okuliarové šošovky, toto riešenie je kozmeticky prijateľné, ale jeho cena je vyššia, pretože sú naraz potrebné okuliare aj kontaktné šošovky. Závisiac od refrakčného stavu očí a potrebe anizeikonickéj korekcie,

dynamická anizeikonia môže byť buď menšia, alebo väčšia ako riešenie pomocou čiastočnej okuliarovej korekcie.

[12]

Stav, kedy má pacient nosiaci kontaktné šošovky statickú anizeikoniu, sa môže korigovať pomocou tzv. size lens okuliarov (viz kap. 4.1), pridaných ku korekcii kontaktnými šošovkami, čím sa eliminuje statická anizeikonia, ale môže sa indukovať dynamická.

[26]

Pri monokulárnej afakii korigovanej kontaktnými šošovkami je navrhovaná teleskopická korekcia v prípade, že je rozdiel vo veľkosti obrazov príliš veľký a fúzia nie je možná. Hoci toto riešenie môže zmenšiť daný rozdiel, indukovaná dynamická anizeikonia zostáva často problémom v dôsledku značného rozdielu refrakčnej sily medzi oboma okuliarovými šošovkami. Fakické oko môže byť napríklad vybavené mínusovou kontaktnou šošovkou v kombinácii s plusovou okuliarovou šošovkou, alebo môže byť k afakickej kontaktnej šošovke pridaná prídavná plusová hodnota, tvoriac pred afakickým okom obrátený Galileho teleskop.

[10]

5.3 Korekcia okuliarmi

Odporúčením aplikovaným pre pacientov, ktorí nechcú alebo nemôžu nosiť kontaktné šošovky, ale potrebujú plnú korekciu pre ostré a binokulárne videnie, je predpis okuliarov najlepšie korigujúcich refrakčnú vadu. Okuliarové šošovky pri korekcii anizeikonie sú často ťažké, spôsobujú značné distorzie, indukujú prizmatický efekt a spôsobujú stav, kedy jedno oko vyzerá byť väčšie ako druhé.

[10, 11]

Niektorí ľudia sa ochotne adaptujú takmer na všetko. Ak sa tak nestane, parametre šošoviek môžu byť upravené na vytvorenie požadovanej zmeny zväčšenia. Zvyčajne sú 2 až 4 týždne dostatočnou dobou na zistenie, či bude korekcia vyhovujúca. Ak aj

po jej uplynutí zostanú prítomné závažné symptómy, bude pravdepodobne požadovaná izeikonická korekcia (viz kap. 5.3.3). Motivácia pacienta často ovplyvňuje jeho schopnosť adaptácie na predpis, pričom kritickejší pozorovatelia sa zvyknú adaptovať ťažšie.

[10, 11]

Korekcia okuliarmi je vhodná najmä pri nižších anizometriách, ale nepredpokladá sa, že všetci pacienti s anizometriou pocítia pri nosení nových okuliarov problémy. Niektorí pacienti si aj s výraznou anizometriou zvyknú veľmi ľahko na nový predpis, kým u iných pacientov s nízkym stupňom anizotropie môžu byť prítomné symptómy.

[4, 28]

Podľa Knappovho zákona (viz kap. 4) platí, že ak má pacient axiálnu anizometriu, korekcia okuliarovými šošovkami by mala viesť k minimálnej anizeikonii, na rozdiel od korekcie kontaktnými šošovkami. Pri použití okuliarových šošoviek na korekciu refrakčnej anizotropie môže byť rozdiel minimalizovaný pozorným výberom zakrivení predných plôch a vrcholových vzdialeností. Ryan [29] odhadoval, že veľkosť sietnicového obrazu pre axiálnu ametropiu sa mení s frekvenciou okolo 0,25 % na dioptriu a pre refrakčnú anizometriu 1,4 % na dioptriu. Tab. 5 popisuje, či je veľkosť sietnicového obrazu pri danom type korekcie väčšia (>), menšia (<) alebo približne rovnaká (=) ako veľkosť obrazu emetropického oka.

[1]

	Okuliarová korekcia	Intraokulárne šošovky	Korekcia kontaktnými šošovkami
axiálna myopia	=E	>>E	>>E
axiálna hyperopia	=E	<<E	<<E
refrakčná myopia	<<E	=E	<E
refrakčná hyperopia	>>E	=E	>E

Tab. 5 – Veľkosti sietnicových obrazov pre rôzne typy korekcie refrakčnej vady [10]

Pri jednostrannej afakii vzniká extrémna anizometropia, ktorej korekcia okuliarovými šošovkami môže indukovať až 25% nárast vo veľkosti sietnicového obrazu a viesť k diplopii.

[10]

5.3.1 Čiastočná korekcia

Čím je väčšia optická mohutnosť okuliarovej šošovky, tým je väčšie aj jej zväčšenie. Ak nie je možné uskutočniť korekciu kontaktnými šošovkami alebo pomocou izeikonického predpisu, môže byť potrebný predpis poskytujúci kompromis medzi zrakovou ostrosťou a zrakovým komfortom. V takýchto prípadoch je optická mohutnosť na jednom oku znížená - zmenšený rozdiel medzi oboma očami, alebo môže byť os cylindra mierne posunutá smerom k najbližšiemu hlavnému meridiánu (180 alebo 90 stupňov).

[10, 28]

V dôsledku zníženia optickej mohutnosti je obraz jedného oka rozmazaný, redukujú efektívnu zrakovú ostrosť na tomto oku. Keďže druhé oko má mať dobrú zrakovú ostrosť, celkový binokulárny vízus by nemal byť veľmi ovplyvnený. Avšak rozmazanie môže spôsobovať zrakový diskomfort, napríklad v prípade silnej dominancie oka s redukovanou optickou mohutnosťou. Ak jej zmena vedie k prekorigovaniu, potom môžu byť okuliare užitočné ako monovision okuliare. Keďže sú okuliarové šošovky použité pri tejto metóde štandardné, kozmetický vzhľad a cena sú prijateľnejšie ako pri metóde korekcie anizeikonie pomocou zmeny parametrov šošoviek. Zostávajúca hodnota dynamickej anizeikonie bude závisieť na finálnom rozdieli refrakčnej sily medzi oboma šošovkami.

[12]

Hrubým návodom tohto riešenia môže byť zníženie korekcie jedného oka o približne jednu tretinu zmeny v anizometrii v porovnaní s predchádzajúcim predpisom. To znamená, že v prípade pacienta bez predchádzajúcej korekcie je predpis zredukovaný práve o jednu tretinu anizometropie. V niektorých prípadoch môže byť

vhodná aj čiastočná korekcia oboch očí, ktorá umožní pacientovi vynaložiť rovnaké akomodačné úsilie oboma očami.

[28]

Často sa pri vysokej myopickej anizometrii koriguje jedno oko plne na diaľku a druhé sa podkoriguje na videnie do blízka. Toto riešenie je vhodné obzvlášť u dlhoročných nekorigovaných anizotropov. Občas môže u starších pacientov zmierniť symptómy anizeikonie a eliminovať potrebu izeikonickéj korekcie malá zmena v ose alebo sile cylindra, pričom úprava korekcie minimalizuje pacientovu nespokojnosť s novou korekciou, spôsobujúcou skreslené vnímanie.

[4, 10, 11]

V prípadoch dynamickej anizeikonie, kedy pacient nebol v minulosti korigovaný alebo pri veľkom rozdiel medzi predošlou a novou korekciou, môže byť na viac hypermetropickom oku daná čiastočná korekcia napríklad pomocou Malletovho testu na fixačnú disparitu. Pacient pritom hľadá na vertikálny terč fixačnej disparity cez plnú korekciu a je vyzvaný pohybovať hlavou vo vertikálnom smere hore a dole (pohyb prikyvovania) tak, aby oči hľadeli cez okuliarové šošovky nad a pod optickými centrami. Ak je indukovaná vertikálna fixačná disparita, predpísaná korekcia sa upravuje, kým nie je disparita eliminovaná. Alternatívnou metódou môže byť vykonanie zakrývacieho testu pri pohľade cez blízke body videnia a opakovane hľadiac cez optické centrá šošoviek. Optická mohutnosť viac plusovej šošovky je znižovaná, až kým hyperfória detekovaná zakrývacím testom nie je kompenzovaná.

[28]

Strach z potenciálnej anizeikonie však nie je dôvodom na redukcii požadovanej sily korekcie u pacientov s binokulárnymi anomáliami, hlavne u tých, ktorí majú anizotropickú amblyopiu a môžu byť úspešne liečení pri nosení plnej korekcie.

[11]

5.3.2 Bifokálne a progresívne šošovky

Pri anizometrii vyššej ako 2,0 D sa neodporúča predpisovať bifokálne okuliare, pretože vzniká pri vertikálnom pohybe nechcený prizmatický účinok (viz kap. 3.3). Riešením môže byť druhý pár čítacích okuliarov, v ktorých sú optické centrá umiestnené tak, aby sa zhodovali so zrakovými osami pri čítaní. Možnosťou je tiež posun optických centier alebo odlišné segmenty, v ktorých vzdialenosť od okraja po optické centrum segmentu sa medzi šošovkami líši. Tento rozdiel môže byť využitý na kompenzáciu vertikálnych prizmatických rozdielov. Alternatívou tiež môže byť začlenenie vertikálnej prizmy do korekcie (tzv. slab-off prizma). Ak je zvolená progresívna adícia, dizajn s kratšou vzdialenosťou do plnej pridanej sily by mal byť pre anizometropa ľahší na adaptáciu.

[4, 10]

5.3.3 Korekcia anizeikonie pomocou zmeny parametrov okuliarových šošoviek

Ak pacienti vykazujú s okuliarovou korekciou znaky a symptómy statickej a dynamickej anizeikonie (do diaľky i blízka), mala by byť predpísaná izeikonická (eikonická) korekcia. Pri takomto predpise sú rozdiely veľkostí vnímaných obrazov minimalizované vhodným výberom ich parametrov. Aj videnie pacientov, ktorí sa nesťažujú na prítomnosť symptómov, môže byť komfortnejšie pri nosení okuliarových šošoviek korigujúcich anizeikoniu. Nordlow [30] zistil u 4-ročných detí s anizometriou 2,0 D a viac zlepšenú zrkovú ostrosť a fixáciu, pričom boli korigované pomocou úplnej izeikonickéj korekcie. Izeikonické šošovky však nie sú často predpisované a ich navrhnutie môže byť komplikované v dôsledku mnohých možných kombinácií ich parametrov. S pomocou počítačov je to však jednoduchšie, ako v minulosti.

[10, 11]

Tento typ riešenia nekompromituje centrálnu zrkovú ostrosť. V dôsledku zmeny tvaru okuliarových šošoviek je kozmetický vzhľad okuliarov zhoršený a závisí na hodnote korigovanej anizeikonie. Cena takýchto okuliarových šošoviek môže byť

kvôli neštandardným hrúbkam a zakriveniam o niečo vyššia ako pri štandardných šošovkách.

[12]

Dvomi zložkami rovnice zväčšenia okuliarových šošoviek sú tvarový a silový faktor (viz kap. 4.1). Pri zväčšení tvarového faktoru záleží na optickej mohutnosti prednej plochy šošovky, jej hrúbke a indexe lomu. Na rozdiel od toho závisí silový faktor na vzdialenosti zadného vrcholu šošovky od vstupnej pupily oka a na zadnej vrcholovej lámavosti. Keďže je zadná vrcholová lámavosť šošovky určená refrakčnou vadou a vstupná pupila oka nemôže byť premiestnená, jediným nezávislým parametrom vzťahujúcim sa k silovému faktoru je vrcholová vzdialenosť.

Tromi hlavnými premennými upravovanými pri korekcii anizeikonie sú teda optická mohutnosť prednej plochy šošovky (resp. jej zakrivenie), hrúbka a vrcholová vzdialenosť okuliarovej šošovky, pričom úprava každého z nich môže zmeniť vzhľad páru šošoviek. Meniť sa môže tiež index lomu - tým sa upraví aj hrúbka šošovky. Toto riešenie sa však nepoužíva, pretože šošovky majú potom rôzne zobrazovacie vlastnosti.

[10, 16]

Za predpokladu konštantnej vrcholovej vzdialenosti, zväčšenie vždy rastie s väčším zakrivením prednej plochy šošovky, s rastúcou hrúbkou šošovky alebo pri poklese indexu lomu. Tieto efekty nie sú závislé na type anizotropie (axiálna alebo refrakčná). Všeobecne platí, že nárast vrcholovej vzdialenosti vždy spôsobuje pri hypermetropii nárast zväčšenia a naopak pri myopii jeho pokles.

[10]

Pri rozhodovaní, či odporučiť pacientovi izeikonickú korekciu, treba zvážiť viaceré faktory. Medzi tie, ktoré navrhujú nepredpisovať tento typ korekcie, patria rozporuplné alebo premenlivé výsledky pri opakovaných pokusoch merania anizeikonie, slabé vnímanie hĺbky, prítomnosť symptómov nevzťahujúcich sa k používaniu očí, pacient spokojný aj so značnou anizeikoniou (niekoľko rokov nosená čiastočná korekcia jedného oka).

[11]

Nasledujúce faktory naopak podporujú predpis izeikonickej korekcie: zmeraná anizeikonia s citlivosťou menšou ako je nameraný rozdiel veľkostí vnímaných obrazov, symptómy jednoznačne sa vzťahujúce k používaniu očí, úľava od symptómov pri monokulárnej oklúzii (v prípade neprítomnosti značnej laterálnej alebo vertikálnej heterofórie), zlepšenie príznakov pri nosení dočasnej size lens clip-on po dobu 1 až 2 dní, anizometropia spôsobujúca pri plnej korekcii diskomfort, zlyhanie ostatných možností korekcie na dosiahnutie úľavy od symptómov.

[11]

Doporučený postup

Kozmeticky sú najviac akceptovateľné zmeny vo vzdialenosti celého rámu od očí a sú preto uprednostňované. Praktické minimum tejto vzdialenosti od očí by malo byť 9 - 10 mm. Druhým bodom pri úprave parametrov okuliarových šošoviek je zmena predného zakrivenia šošovky. Veľmi strmé alebo veľmi ploché zakrivenie nie je kozmeticky prijateľné a preto treba udržať zodpovedajúce optické mohutnosti medzi +10,50 D a +2,00 D. Následne sa zvykne meniť hrúbka okuliarovej šošovky používajúc vybrané predné zakrivenie. Ak je to potrebné, vykonáva sa na záver posun fazety.

[11]

Vrcholová vzdialenosť

Parameter, ktorý môže byť pri manipulácii so zväčšením okuliarových šošoviek najdôležitejší, je vrcholová vzdialenosť. Platí to obzvlášť v prípade, ak sú optické mohutnosti šošoviek značné, pretože vtedy majú zmeny vrcholovej vzdialenosti veľký účinok na silový faktor rovnice zväčšenia. Zmeny vrcholovej vzdialenosti môžu byť vykonané buď posunutím fazety šošovky, alebo úpravou okuliarového rámu. Ak sú rozdiely vo zväčšení indukované okuliarovou korekciou, redukcia vrcholovej vzdialenosti oboch šošoviek má výrazný efekt na zníženie týchto rozdielov. Približné zmeny zväčšenia okuliarových šošoviek pri úprave okuliarového rámu (pre rozličné vrcholové lámavosti) sú zobrazené v tab. 6.

[10]

	S_B'					
Δh	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
2 mm	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2
3 mm	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4	3
4 mm	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4
5 mm	0,5	1	2	3	4	5

Tab. 6 - Približné percentuálne zmeny zväčšenia pri úprave vzdialenosti okuliarového rámu [11]

Tabuľka vychádza z rovnice:

$$\Delta SM = \frac{S_B' \Delta h}{10},$$

kde ΔSM je zmena zväčšenia okuliarovej šošovky (v %) a Δh predstavuje zmenu vo vzdialenosti okuliarového rámu od očí (v mm). Keď je okuliarový rám posúvaný ďalej od očí, Δh je pozitívna a naopak.

[11]

Hrubšie okraje mínusových okuliarových šošoviek umožňujú meniť zväčšenie posúvaním fazety pravej a ľavej šošovky. Kým posun fazety z centra do 1/3- 2/3 posúva šošovku bližšie k oku a narastá tak zväčšenie mínusovej šošovky, posun fazety z centra do 2/3- 1/3 posúva šošovku ďalej od oka a znižuje tak jej zväčšenie.

[11]

Vhodným výberom bude pomerne ťažký rám, ktorý pacientovi dobre sedí. Ak je potrebná dlhšia vrcholová vzdialenosť, sú výhodou nastaviteľné nosníky. V prípade neobvyklých pozícií fazety pomáha široký rám ukryť okraje okuliarových šošoviek a obe šošovky tak budú pôsobiť kozmeticky podobne.

[10, 11]

Zakrivenie prednej plochy šošovky

Čím je hlbší meniskus (a teda väčšie zakrivenie), tým väčšie je okuliarové zväčšenie. Viac plusová šošovka by sa mala vyrobiť v plochšej forme ako tá druhá. To vedie k jemnej redukcii okuliarového zväčšenia a tiež k vzhľadovo podobným

predným plochám šošoviek. Je potreba mať na pamäti, že zmena zakrivenia šošovky ovplyvňuje tiež vrcholovú vzdialenosť. Tieto dva efekty môžu v prípade plusových okuliarových šošoviek spolupracovať - obe menia zväčšenie v rovnakom smere, alebo môžu v prípade mínusových okuliarových šošoviek pôsobiť protichodne (navzájom sa rušiť). Zväčšenie získané nárastom zakrivenia prednej plochy šošovky je väčšie u pacientov s hyperopickou korekciou. U myopickej korekcie s vrcholovou lámavosťou šošovky vyššou ako -2,50 D nastáva s nárastom zakrivenia prednej plochy šošovky pokles zväčšenia, pretože sa tým vrchol okuliarovej šošovky posúva ďalej od oka. Pretože majú silné mínusové šošovky hrubé okraje, je možné zmeniť umiestnenie fazety a teda posunúť šošovku bližšie k oku, zachovávajúc tak zväčšenie dosiahnuté nárastom jej zakrivenia. Približné zmeny zväčšenia okuliarových šošoviek s rozličnými vrcholovými lámavosťami pri úprave zakrivenia ich prednej plochy sú zobrazené v tab. 7.

Tabuľka vychádza z rovnice:

$$\Delta SM = \Delta \varphi_1 \left(\frac{t}{15} + 0,05 S_B' \right),$$

kde $\Delta \varphi_1$ predstavuje zmenu optickej mohutnosti prednej plochy šošovky (v D).

[1,10, 11, 28]

S_B'	-8	-6	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+6	+8
$\Delta \varphi_1$	$t= 2,1$	$t= 2,1$	$t= 2,1$	$t= 2,1$	$t= 2,1$	$t= 2,1$	$t= 2,1$	$t= 3,1$	$t= 4,1$	$t= 5,1$	$t= 6,1$
-4	+1,04	+0,64	+0,24	-0,16	-0,36	-0,56	-0,90	-1,23	-1,90	-2,56	-3,24
-2	+0,52	+0,32	+0,12	-0,08	-0,18	-0,28	-0,45	-0,61	-0,95	-1,28	-1,62
+2	-0,52	-0,32	-0,12	+0,08	+0,18	+0,28	+0,45	+0,61	+0,95	+1,28	+1,62
+4	-1,04	-0,64	-0,24	+0,16	+0,36	+0,56	+0,90	+1,23	+1,90	+2,56	+3,24
+6	-1,56	-0,96	-0,36	+0,24	+0,54	+0,84	+1,35	+1,84	+2,85	+3,84	+4,86
+8	-2,08	-1,28	-0,48	+0,32	+0,72	+1,12	+1,80	+2,46	+3,80	+5,12	+6,48

Tab. 7- Približné zmeny zväčšenia spojené so zmenami optických mohutností predných plôch okuliarových šošoviek [11]

Svetlé sfarbenie rámu môže skrývať nezvyčajný dizajn skiel. Plastové vysoko-indexové okuliarové šošovky s antireflexnými vrstvami by mali byť predpísané na zníženie váhy korekcie a na zlepšenie kozmetického vzhľadu šošoviek.

[10, 11]

Hrúbka šošovky

Čím je šošovka hrubšia, tým je jej zväčšenie vyššie. Najmenej pozitívna šošovka by mala byť vyrobená hrubšia ako normálne, aby jej zväčšenie bolo ľahko zvýšené. To má tiež za efekt vyrovnanie váhy oboch šošoviek. Silnejšia šošovka by mala byť taká tenká, aby bola v súlade s typom použitého rámu. To udrží okuliarové zväčšenie a váhu šošoviek na minime. Z nárastu hrúbky šošovky vyplýva aj zmena jej vrcholovej vzdialenosti. Väčšia hrúbka šošovky umožňuje tiež vďaka zodpovedajúcemu nárastu hrúbky jej okrajov meniť fazetu na dosiahnutie zmeny jej zväčšenia. Tento efekt je najviac platný, keď je vrcholová lámavosť šošovky väčšia ako -4,00 D alebo +6,00 D, alebo pri predpísaní podstatného zvýšenia hrúbky šošovky. Hrúbka šošovky nemôže byť redukovaná pod 1,5 mm bez kompromitovania jej pevnosti. Pri potrebe relatívne hrubej okuliarovej šošovky je výhodné zvoliť menšiu veľkosť očníc.

[10, 11, 28]

Všeobecne je možné zmenu zväčšenia ΔSM (v %) pri úprave hrúbky šošovky vyjadriť vzťahom:

$$\Delta SM = \frac{\Delta t \varphi_1}{15} + \frac{2S_B'}{10},$$

kde Δt označuje zmenu hrúbky šošovky. Táto rovnica platí v prípade, ak je fazeta šošovky centovaná a hrúbka šošovky je zvýšená bez zmeny zakrivenia šošovky alebo vzdialenosti rámu od očí.

[11]

Limity

Plná korekcia značného stupňa anizeikonie pomocou úpravy parametrov okuliarových šošoviek je často nepraktické riešenie dôsledkom obmedzení zakrivenia prednej plochy šošovky, hrúbky šošovky alebo jej vrcholovej vzdialenosti. Pri každej

premennej existujú fyzické limity v hodnote zmeny, ktorá môže byť vykonaná. Pri navrhovaní izeikonických šošoviek je lepšie realizovať malé zmeny vo všetkých možných parametroch, ako modifikovať iba jeden parameter.

[10, 11]

Tieto limity môžu byť značné a nemusí byť vždy možné vytvoriť dostatočne veľké hodnoty zväčšenia pomocou bežných parametrov šošoviek. Už zväčšenie o pár percent si vyžaduje výnimočne strmú a hrubú šošovku, čo môže byť v otázke vzhľadu alebo komfortu neakceptovateľné. Tvarový faktor zväčšenia (viz kap. 4.1) je limitovaný bežnou hrúbkou a zakrivením okuliarových šošoviek. Úprava silového faktoru zväčšenia je taktiež obmedzená, avšak pri vyšších refrakčných vadách tvoria už relatívne malé zmeny vrcholovej vzdialenosti väčšie zmeny zväčšenia.

[10]

Dynamická anizeikonia

Zmeny parametrov šošoviek majú tiež účinok na rozdielny prizmatický efekt. Zmiernenie rozdielu vo zväčšení okuliarových šošoviek má vplyv na požadované pohyby očí na bifixáciu objektov. Keď je obraz zväčšený, uhlová vzdialenosť ktorýchkoľvek dvoch bodov je tiež väčšia. Zmeny vo zväčšení menia aj požadované pohyby očí pri pohľade cez tieto šošovky. Vo všeobecnosti platí, že zmeny okuliarových šošoviek navrhnuté na redukciiu statickej anizeikonie tiež redukujú z 1/2 [10] až 2/3 [19] dynamickú anizeikoniu. Pri použití okuliarových rámov s veľkými očnicami sú indukované väčšie problémy vychádzajúce z rozdielného prizmatického efektu, v dôsledku umožnenia väčšieho rozsahu očných pohybov.

Astigmatická korekcia

V týchto príkladoch sa brali do úvahy iba sférické refrakčné vady a celkové zväčšenie. V bežných klinických situáciách je však často zahrnutá aj práve astigmatická korekcia. V takýchto prípadoch musia byť pri navrhovaní okuliarovej korekcie brané do úvahy oba hlavné meridiány. To môže viesť k predpisaniu bitórických šošoviek kvôli nevyhnutnosti využitia tvarového faktoru (tórické zakrivenie prednej plochy

šošovky). Na vhodnú korekciu refrakčnej vady je požadovaná tórická zadná plocha. Bitórické šošovky sú zložité na výrobu.

[10, 28]

5.4 Refrakčné operácie

V súčasnej praxi sa stali možným riešením anizeikonie aj refrakčné operácie a anizeikonie môže byť jedným z faktorov ovplyvňujúcich rozhodnutie o ich podstúpení. Výsledná veľkosť vnímaného obrazu je analyzovaná rovnakým spôsobom ako pri korekcii kontaktnými šošovkami, pretože optická manipulácia nastáva v rovine rohovky. Refrakčné operácie sú podporovaným riešením z podobných dôvodov ako kontaktné šošovky- nie je indukovaný prizmatický efekt a anizeikonie je redukovaná.

[10, 28]

Fotorefrakčná keratektómia býva používaná na liečbu pacientov s anizometriou v dôsledku IOL implantácie, radiálnej keratotómie alebo penetrujúcej keratoplastiky. Býva tiež odporúčaná na korekciu oka s vyššou refrakčnou vadou u detí s anizotropickou amblyopiou v prípade, že sú štandardné liečebné metódy neúspešné. Pomocou PRK je však možné korigovať vadu iba do -7,00 D a je spojená s niekoľkodňovou bolesťou očí.

Podobne LASEK je údajne bezpečnou a efektívnou metódou korekcie myopickej anizotropie u detí s intoleranciou kontaktných šošoviek.

LASIK bol tiež odporúčaný ako možnosť liečby u detí s vysokou anizometriou ako následok myopie alebo myopického astigmatizmu v prípade neúspešnosti bežných metód. Táto metóda je bezbolestná a umožňuje korekciu do -12,0 D. Pri refrakčnej chirurgii u detí je však treba myslieť na neskorší vývoj oka a vyhnúť sa podkorigovaniu alebo prekorigovaniu.

[10, 13]

Pre vysokú unilaterálnu myopiu (-8,0 D až -18,0 D) môže byť vhodná implantácia fakickej intraokulárnej šošovky. Táto metóda je reverzibilná, pretože je možné pri komplikáciách šošovku vymeniť za inú. Pri bilaterálnej refrakčnej amblyopii a unilaterálnej anizometropickej amblyopii spôsobuje laserová refrakčná chirurgia taktiež zlepšenie amblyopie.

[13, 28]

Pri zvažovaní refrakčnej operácie môže anizeikonia komplikovať situáciu. Napríklad v prípade, ak sú obe oči pacienta anizometropické ako dôsledok axiálnych rozdielov, očakáva sa na základe Knappovho zákona (viz kap. 4), že optická korekcia v rovine rohovky bude indukovať rozdiel vo veľkosti sietnicových obrazov. V tejto situácii je prezieravé vykonať diagnostické vyskúšanie s korekciou kontaktnými šošovkami za účelom posúdenia, či optická korekcia v rovine rohovky bude viesť k prijateľnému výsledku.

[10]

Keďže anizeikonia môže byť tiež nechceným následkom unilaterálnej refrakčnej operácie, potenciálny výskyt anizeikonických symptómov by mal byť zvážený v priebehu vyšetrenia takéhoto pacienta. Ak je po refrakčnej operácii indukovaná anizeikonia, môže byť relatívne ťažké vyhovieť týmto pacientom, pretože venovali svoj čas a peniaze v snahe o odstránenie potreby korekcie okuliarmi alebo kontaktnými šošovkami. Anizeikonia indukovaná refrakčnou operáciou môže byť riešená aj napríklad druhotnou refrakčnou operáciou na vyváženie refrakčnej vady oboch očí. Anizometropia sa tiež môže objaviť po penetrujúcej keratoplastike.

[10, 31]

V Brne [32] bola v roku 2016 vykonaná štúdia na zhodnotenie liečby vysokej myopickej anizometropie u detí s amblyopiou a intoleranciou kontaktnej šošovky pomocou refrakčnej operácie metódou LASEK a implantácie vnútroočnej šošovky. Hodnotila sa zraková ostrosť a kvalita binokulárneho videnia a výsledky boli porovnané s deťmi liečenými pomocou kontaktných šošoviek. Štúdia zahŕňala 43 detí od 3 do 7 rokov, ktoré po zákroku absolvovali dlhodobú pleoptickú liečbu s oklúziou dominantného oka. Zistilo sa, že refrakčná chirurgia je účinnou a bezpečnou metódou

u detí s dokázanou intoleranciou kontaktných šošoviek alebo nemožnosťou ich aplikácie.

Staršia štúdia z Brna [33] sa venovala liečbe detí s vysokou myopickou anizometriou pomocou fotorefrakčnej keratektómie. Súbor tvorilo 14 detí vo veku od 7 do 15 rokov. Vyhodnotilo sa, že PRK umožňuje zachovať alebo zlepšiť stupeň binokulárneho videnia.

5.5 Porovnanie metód riešenia anizeikonie

Výber vhodného riešenia anizeikonie je u každého pacienta individuálny. Kým korekcia kontaktnými šošovkami by mala pri refrakčnej anizometrii viesť k minimu anizeikonie (obdobne pri refrakčných operáciách), pri axiálnej anizometrii by mala byť vhodnejšia korekcia okuliarovými šošovkami.

Kontaktné šošovky na rozdiel od okuliarových šošoviek neindukujú žiadnu dynamickú anizeikoniu, ale tú je možné redukovať na približne polovicu aj pomocou zmeny parametrov okuliarových šošoviek. Táto metóda je síce komplikovanejšia, ale nekompromituje zrakovú ostrosť (na rozdiel od čiastočnej korekcie) a využíva sa najmä pri zlyhaní ostatných možností na úľavu od symptómov.

Použitie čiastočnej okuliarovej korekcie je vhodné pri dlhodobu nekorigovaných anizometriách, alebo tiež u starších pacientov. Korekcia kontaktnými šošovkami má veľký význam u pacientov s monokulárnou afakiou, ale napríklad u detí a starších pacientov je menej praktická. Hlavnou nevýhodou kontaktných šošoviek sú kontraindikácie a riziká s nimi spojené. U detí s vysokou myopickou anizometriou sú podľa niektorých štúdií účinnou metódou refrakčné operácie.

Z hľadiska ceny je najvýhodnejšie riešenie kontaktnými šošovkami a čiastočnou okuliarovou korekciou. Z kozmetického hľadiska je úprava parametrov okuliarových šošoviek menej vyhovujúcou metódou.

[1, 10, 11, 12, 16, 28, 32]

ZÁVER

Téme indukovanej statickej i dynamickej anizeikonie a ich riešeniu je venovaná v českej literatúre menšia pozornosť, hoci je táto téma dôležitá, pretože u pacientov s anizometriou sa môžu pri jej korekcii objaviť súvisiace symptómy. Táto téma je aktuálna, pretože s rastúcim počtom refrakčných operácií sa môže zvýšiť aj výskyt anizotropie a teda aj počet súvisiacich ťažkostí.

Bakalársku prácu som rozdelila na päť kapitol. Na začiatku sa venujem pojmu anizotropia, pričom sa zameriavam na jej prevalenciu, delenie, výskyt symptómov pri nekorigovanej anizotropii a zdôrazňujem potrebu jej korekcie, no tiež problémy ktoré prináša.

V druhej kapitole píšem o statickej anizeikonii – prvom probléme indukovanom korekciou anizotropie. Zameriavam sa na jej delenie a udávam subjektívne symptómy, ktoré ju sprevádzajú.

Tretia časť je venovaná druhému indukovanému problému – dynamickej anizeikonii, ku ktorej neodmysliteľne patrí rozdielny prizmatický efekt. Objasňujem, akým spôsobom ovplyvňuje dynamická anizeikonia videnie a poukazujem na schopnosť adaptácie u pacientov.

V štvrtej kapitole najprv popisujem približné určovanie typu anizotropie a vysvetľujem pojem Knappov zákon a jeho využitie pri korekcii anizeikonie. Následne sa venujem metódam merania veľkosti anizeikonie spolu s objasnením tzv. size lenses a možnosťou ich konštrukcie za pomoci skúšobných šošoviek.

Posledná a zároveň najrozsiahlejšia kapitola sa venuje samotnej korekcii anizeikonie. Popisujem jednotlivé metódy, zameriavajúc sa najmä na ich výhody a nevýhody, využiteľnosť pre rôzne skupiny pacientov s anizometriou – starší ľudia, deti, presbyopia, pacienti s monokulárnou afakiou, rôzne typy anizotropie (axiálna, refrakčná) a to všetko tiež z hľadiska dynamickej anizeikonie. Na záver ponúkam stručné porovnanie týchto metód, z ktorého vyplýva, že je potrebné riešiť anizeikoniu pri každom pacientovi individuálne, pretože na výber vhodnej metódy vplýva väčšie množstvo faktorov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] GROSVENOR, T. *Primary Care Optometry*. St.Louis: Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-7575-8.
- [2] ANTON, M. *Problematika anizometropie*. Česká oční optika, Vol. 47, 2006, No. 3, pp. 16-19, ISSN 1211-233X.
- [3] ALMEDER L. M., PECK L. B., HOWLAND H. C. *Prevalence of Anisometropia in Volunteer Laboratory and School Screening Populations*. Investigative Ophthalmology & Visual Science, Vol. 31, 1990, No. 11, pp. 2448- 2455.
- [4] VLKOVÁ E., PITROVÁ Š., VLK F. *Lexikon očního lékařství. Výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [5] RAYNER, A.W. *Aniseikonia and magnification in ophthalmic lenses. Problems and solutions*. American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry, Vol. 43, 1966, No. 10, pp. 617- 632.
- [6] BARRETT B.T., BRADLEY A., CANDY T.R. *The relationship between anisometropia and amblyopia*. Progress in Retinal and Eye Research, Vol. 36, 2013, pp. 120- 158.
- [7] LINKE S.J., RICHARD G., KATZ T. *Prevalence and Associations of Anisometropia with Spherical Ametropia, Cylindrical Power, Age, and Sex in Refractive Surgery Candidates*. Investigative Ophthalmology & Visual Science, Vol. 52, 2011, No. 10, pp. 7538- 7547.
- [8] WANG Q., WU Y., LIU W., GAO L. *Dominant eye and visual evoked potential of patients with myopic anisometropia*. BioMed Research International, Vol. 2016, 2016, pp. 1 – 6.

- [9] HOSHIKAWA R., ITO M., YANO T., TSUTSUI K., SATO T., SHIMIZU K. *Association Between Ocular Dominance and Anisometropic Hyperopia*. The American Orthoptic Journal, Vol. 66, 2016, No. 1, pp. 107- 113.
- [10] BENJAMIN, W.J. *Borish's Clinical Refraction*. St. Louis: Butterworth-Heinemann/Elsevier, 1998. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [11] SCHEIMAN M., WICK B. *Clinical Management of Binocular Vision: heterophoric, accomodative, and eye movement disorders*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. ISBN: 978-0-7817-3275-8.
- [12] GERARD, C. de Wit. *Aniseikonia* [online]. © 2016 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.opticaldiagnostics.com/info/aniseikonia.html>
- [13] VLÁČIL O., KARHANOVÁ M., ŠIMIČÁK J. *Možnosti korekce refrakčních vad u dětí*. *Pediatric pro praxi*, Vol. 13, 2012, No. 4, pp. 227 – 229, ISSN 1803-5264.
- [14] VLÁČIL O., ŠPAČKOVÁ K. *Diagnostika a léčba konkomitantního strabizmu*. *Pediatric pro praxi*, Vol. 10, 2009, No. 4, pp. 251 – 253, ISSN 1803-5264.
- [15] ROZSÍVAL, P. *Trendy soudobé oftalmologie*. Praha: Galén, 2010. ISBN 978-80-7262-661-8.
- [16] PLUHÁČEK, F. *Řešení binokulárních refrakčních anomálií – výukové materiály k predmetu Korekce zraku II*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2015.
- [17] POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.

- [18] LANCASTER, W. B. *Aniseikonia*. Transactions of the American Ophthalmological Society, Vol. 36, 1938, pp. 227 – 234.
- [19] REMOLE, A. *Anisophoria and Aniseikonia. Part I. The Relation between Optical Anisophoria and Aniseikonia*. Optometry and Vision Science, Vol. 66, 1989, No. 10, pp. 659 – 670.
- [20] BANNON R. E., TRILLER W. *Aniseikonia – a clinical report covering a ten year old period*. American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry, Vol. 21, 1944, No. 5, pp. 171 – 182.
- [21] ELLERBROCK V., FRY G. A. *Effects induced by anisometric corrections*. Optometry & Vision Science, Vol. 19, 1942, No. 11, pp. 444 – 459.
- [22] ELLERBROCK, V. J. *Further study of effects induced by anisometric corrections*. Optometry & Vision Science, Vol. 25, 1948, No. 9, pp. 430 – 437.
- [23] REMOLE, A. *Dynamic versus static aniseikonia*. The Australian Journal of Optometry, Vol. 67, 1984, No. 3, pp. 108 – 113.
- [24] SORSBY A. et al. *Emmetropia and its aberrations*. Medical Research Council, Special Report Series, Vol. 11, 1957, No. 293, pp. 1 – 69.
- [25] BRECHER, GA. *A new method for measuring aniseikonia*. American Journal of Ophthalmology, Vol. 34, 1951, No. 7, pp. 1016- 1021.
- [26] REMOLE, A. *Anisophoria and Aniseikonia. Part II. The Management of Optical Anisophoria*. Optometry and Vision Science, Vol. 66, 1989, No. 11, pp. 736 – 746.
- [27] PETROVÁ S., MAŠKOVÁ Z., JUREČKA T. *Základy aplikace kontaktních čoček*. Brno: NCO NZO, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.

- [28] EVANS, B. J. *Pickwell's Binocular Vision Anomalies*. Philadelphia: Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0.
- [29] RYAN, V. *Predicting Aniseikonia in Anisometropia*. American Journal of Optometry and Physiological Optics, Vol. 52, 1975, No. 2, pp. 96 – 105.
- [30] NORDLOW, W. *Anisometropia, amblyopia, induced aniseikonia and estimated correction with iseikonic lenses in 4-years-olds*. Acta Ophthalmologica, Vol. 48, 1970, No. 5, pp. 959 – 970.
- [31] HAGELE, Glenn. *Aniseikonia and Lasik, Bladeless Lasik, PRK, etc.* [online]. © 2015 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.usaeyes.org/lasik/faq/lasik-aniseikonia.htm>
- [32] AUTRATA R., KREJČÍŘOVÁ I., GRIŠČÍKOVÁ L., DOLEŽEL Z. *Refrakční chirurgie při myopické anizometropické amblyopii u dětí a srovnání s konzervativní léčbou kontaktními čočkami*. Česká a slovenská Oftalmologie, Vol. 72, 2016, No. 2, pp. 12 – 19.
- [33] AUTRATA R., ŘEHŮŘEK J., HOLOUŠOVÁ M. *Fotorefrakční keratektomie při vysoké myopické anizometropii u dětí*. Česká a slovenská Oftalmologie, 1999, No. 4, pp. 216 – 221.

ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV

- Obr. 1 – Demonštrácia statickej anizeikonie [12]
- Obr. 2 – Aplikácia Prenticeovho pravidla na dva štvorce [19]
- Obr. 3 – Indukovaná dynamická anizeikonía pri pohľade vpravo, ak je pravé oko viac myopické [12]
- Obr. 4 – Terče použité na porovnanie komfortu izeikonie a dvoch typov anizeikonie [23]
- Obr. 5 – Umiestnenie size lenses v prípade 4% anizeikonie [12]
- Obr. 6 – Porovnanie zdvojeného obrazu stupnice [16]
- Obr. 7 – Meranie anizeikonie pomocou polarizovaného optotypu [16]
- Obr. 8 – Space eikonometer [11]

ZOZNAM POUŽITÝCH TABULIEK

- Tab. 1 – Prevalencia anizometropie v intervaloch z roku 1966 [5]
- Tab. 2 – Korigovanie refrakčných vád u detí [15]
- Tab. 3 – Percentuálny výskyt symptómov anizeikonie u 500 pacientov [20]
- Tab. 4 – Približné hodnoty zväčšenia dosiahnuté použitím skúšobných okuliarových šošoviek [1]
- Tab. 5 – Veľkosti sietnicových obrazov pre rôzne typy korekcie refrakčnej vady [10]
- Tab. 6 – Približné percentuálne zmeny zväčšenia pri úprave vzdialenosti okuliarového rámu [11]
- Tab. 7 – Približné zmeny zväčšenia spojené so zmenami optických mohutností predných plôch okuliarových šošoviek [11]