

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETO
FIZIKOS KATEDRA**

Jovita Šetkuvienė
Optometrija OP (2) - 11 studentė

**AUKŠTOS IR EKONOMINĖS KOKYBĖS PROGRESINIŲ LĘŠIŲ
OPTINIŲ SAVYBIŲ ĮVERTINIMAS
BAKALAURO DARBAS**

Darbo vadovė:
Dr. M.Sriubienė

Šiauliai, 2013

Tvirtinu, jog darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota ir paruošta naudojant literatūros sąrašę pateiktus informacinius šaltinius bei savo tyrimų duomenis

Darbo autorė Jovita Šetkuvienė

.....

TURINYS

ANOTACIJA.....	4
ANNOTATION.....	5
SANTRUMPOS.....	6
ĮVADAS.....	7
1. PROGRESINIŲ LĘŠIŲ VYSTYMOSI RAIDA.....	9
1.1. Minkwitz teorema.....	10
1.2. Free – form technologija.....	11
1.3. Wavefront technologija.....	13
1.4. Individualizavimo metodika.....	15
2. PROGRESINIŲ LĘŠIŲ OPTINĖS SAVYBĖS.....	17
2.1. Progresinių lęšių zonos, zonų žymės lęšyje.....	17
2.2. Progresinių lęšių dizainas.....	18
2.2.1. Minkštas, kietas, multi dizainas.....	19
2.2.2. Asferinis dizainas.....	21
2.2.3. Simetrinis ir asimetrinis progresinių lęšių dizainas.....	22
2.3. Progresinių lęšių aberacijos.....	23
3. PROGRESINIŲ LĘŠIŲ MATAVIMO BŪDAI.....	27
3.1. Okuliarinis, skenuojantis, priekinio paviršiaus, skaitmenis dioptrimetai.....	27
3.2. Fotografija, interferometrija.....	28
4. TYRIMO ORGANIZAVIMAS IR METODIKA.....	30
4.1. Tyrime naudotų lęšių charakteristika.....	30
4.2. Tyrimo metodas.....	30
4.3. Matematinė statistika.....	32
4.4. Tyrimo organizavimas.....	32
5. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	34
5.1. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, tolų zonos pločio vertinimas.....	34
5.2. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, tarpinės zonos pločio vertinimas.....	35
5.3. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, artumo zonos pločio vertinimas.....	35
5.4. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, galios kitimo zonos ilgio vertinimas.....	36
5.5. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, maksimalaus astigmatizmo galios vertinimas.....	37
5.6. Rezultatų aptarimas.....	38
6. IŠVADOS.....	40
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	41

Šetkuvienė J. Aukštos ir ekonominės klasės progresinių lęšių optinių savybių įvertinimas: bakalauro darbas/vadovas Dr. M. Sriubienė; Šiaulių universitetas, Gamtos mokslų fakultetas, Fizikos katedra. – Šiauliai, 2013. 46 psl.

ANOTACIJA

Tyrimo objektas: aukštos ir ekonominės kokybės progresiniai lęšiai, jų skirtumai. Darbo tikslas: įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių optines savybes.

Darbo uždaviniai:

1. Įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonos plotį;
2. Įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, galios kitimo zonos ilgį;
3. Įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, maksimalaus astigmatizmo galia;
4. Apibendrinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių zonų pločių skirtumus.

Tyrimas buvo atliktas 2013 m. sausio – balandžio mėn. UAB „Baltoptik“. Tyrimo metu buvo testuojama 30 pažangiausių progresinių lęšių. Lęšiai buvo suskirstyti į dvi grupes: 15 „aukštos kokybės“ lęšių, šiai grupei buvo priskirti Varilux Physio, Varilux Physio 360, Varilux Comfort, 15 „ekonominės kokybės“ lęšių – Varilux expert, Varilux Elipse, Varilux Liberty. Tyriamų lęšių pridėtoji galia (ADD) 0,75 – 2,50 D. Tyrimo metodas - aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių matavimas skaitmeniniu dioptrimetru.

Išvados: 1. Aukštos kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonų plotis statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonų plotis; 2. Aukštos kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis. 3. Ekonominės kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnė, nei aukštos kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia; 4. Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad aukštos kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės, skaitymo zonų plotis ir galios kitimo zonos ilgis skiriasi nuo ekonominės kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonos pločio ir galios kitimo zonos ilgio. Maksimalaus astigmatizmo galia didesnė ekonominės klasės lęšiuose. 5. Vertinant aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių skirtingas ADD, statistiškai patikimo skirtumo negauta. Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad tirti lęšiai atitinka gamintojo nurodytas lęšio savybes.

ANNOTATION

Study subject: high and economic quality progressive lenses, their differences. Study aim: to evaluate high and economic quality progressive lens optical properties.

Objectives of the study:

1. To evaluate high and economic quality progressive lens distance, intermediate and near zone width;
2. To evaluate high and economic quality progressive lens drop distance;
3. To evaluate high and economic quality progressive lens maximum astigmatic distortion;
4. Summarize high and economic quality progressive lens zone width differences.

The study was carried out in 2013 from January to April in JSC „Baltoptik“ optics „FIELMANN“. There has been tested 30 progressive lenses. The lenses were divided into two groups: 15 high-quality lenses in this group were classified as Varilux Physio, Physio 360, Comfort, 15 "economic quality" lenses - Varilux expert, Eclipse, Liberty. ADD for investigated lenses was 0,75 to 2,5 D. Study method – high and economic quality progressive lens measurement with digital Dioptrimeter.

Conclusions: 1. High-quality progressive lens distance, intermediate and reading zones width is significantly ($p < 0.05$) higher than the economic quality progressive lens distance, intermediate and reading zone width. 2. High-quality progressive lens ADD length is statistically significant ($p < 0.05$) higher than the economic quality progressive lens ADD length. 3. Economic quality progressive lens maximum astigmatic distortion is significantly ($p < 0.05$) higher than those of high-quality progressive lens. 4. The data analysis showed that high quality progressive lens distance, intermediate, reading zone width and ADD width differ from economic quality progressive lens. The maximum astigmatic distortion is greater in economic class lenses. 5. Significant difference in ADD width in high and economic quality progressive lenses were not found. In summary, the results suggest that the tested lenses meet the manufacturer's lens properties.

SANTRUMPOS

PAL – progresiniai lęšiai;

ADD – faktinė pridėtoji vertė

DRP – tolio atskaitos taškas;

FP – tvirtinimo taškas

PRP - prizmės atskaitos taškas;

NRP - artumo atskaitos taškas;

ACA – ašinės chromatinės aberacijos;

KCA – kraštinės chromatinės aberacijos

IVADAS

Visuomenei senstant, kiekvienais metais didėja progresinių lęšių nešiotojų skaičius. Oftalmologijos pramonė adekvati paklausai kuria sudėtingo dizaino lęšius, kurie užtikrina aiškų matymą tolio, tarpinėje ir arčio dalyse. Išoriškai lęšis atrodo kaip paprastas lęšis, tačiau paviršius yra daug sudėtingesnis: galia kinta palaipsniui lęšio dalyje arba visame lęšyje. Tai pasiekama palaipsniui mažinant kreivumo spindulį ant priekinio lęšio paviršiaus. Tačiau, pagrindinė progresinių lęšių neigiama savybė – aberacijų dydis ir jų pasiskirstymas. Progresinių lęšių gamintojai keičia lęšio dizainą, galios kanalo ilgį ir plotį. Išskirdami aukštos ir ekonominės kokybės progresinius lęšius, gamintojai teigia, kad šių rūšių lęšių zonų skirtumas yra ženklus. Tačiau, ar šis skirtumas atitinka gamintojo nurodytas skirtingų progresinių lęšių rūšių charakteristikas?

Pirmasis progresinis lęšis Europoje buvo sukurtas „Essilor“ kompanijoje 1959 m. Bernard Maitenaz ir pavadintas Varilux 1[7]. Šio lęšio galia kito nuo lęšio viršaus žemyn taip vadinama „meridianine linija“. Lęšio galią buvo stengiamasi stabilizuoti viršutinėje ir apatinėje zonose, siekiant sukurti kuo platesnes arčio ir tolio regėjimo zonas ir suteikti galimybę išmatuoti zonas dioptrimetru. Tačiau lęšio kraštuose aberacijos buvo didelės. Įdomu yra tai, kad dar 1963 m. Minkwitz, teigė, kad neįmanoma pagaminti laipsniškai kintančios židinio galios be periferinio astigmatizmo.

Po 60 m. intensyvių moslinių tyrimų progresiniai lęšiai buvo pripažinti geriausiai kompensuojantys akomodacijos stoką vyresniame amžiuje[5]. Tačiau periferinio astigmatizmo mažinimas tapo pagrindiniu gamintojų uždaviniu. Šiandieninėje oftalmologijos rinkoje, pritaikius Free – form technologiją, kuri suteikia galimybę pagaminti sudėtingus paviršius, tokius kaip asferinius, torinius ir net progresyvius. Šių rūšių skirtumai, anot gamintojų, yra ženklūs, nes skiriasi progresinių lęšių zonų plotis, adaptacijos laikotarpis.

Autoriai Fowler ir Sullivan, 1989, Bourdoncle ir kt., 1992 m., Rosenblum ir kt., 1992, Atchison ir Kris, 1993, Castellini ir kt., 1994, Liu, 1994; Burns, 1995, Alonso ir kt., 1997, Loos ir kt., 1998, Quiroga ir kt., yra analizavę progresinių lęšių rūšių skirtumus ir pateikia tam tikrus matavimo būdus [5]. Tačiau objektyvių tyrimų apie skirtingų progresinių lęšių rūšių matavimus ir optinių savybių vertinimą trūksta.

Tyrimo objektas: aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių savybių skirtumai.

Darbo tikslas: įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių savybes.

Uždaviniai:

1. Įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, tolio, tarpinės ir skaitymo zonos plotį;
2. Įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, galios kitimo zonos ilgį;
3. Įvertinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, maksimalaus astigmatizmo galią;
4. Apibendrinti aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių zonų pločių skirtumus.

Tyrimo metodas - aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių matavimas skaitmeniniu dioptrimetru.

1. PROGRESINIŲ LĘŠIŲ VYSTYMOSI RAIDA

Pirmasis patentas progresiniams (PAL) lęšiams buvo išduotas 1907 m. Didžiojoje Britanijoje Own Aves, kuriame buvo aprašytas akinių lęšių dizainas ir pagaminimo metodai[5]. Gaminyje dar nebuvo panašus į dabartinius progresinius lęšius, todėl rinkoje nepasirodė. H. Newbold 1913 m. sukūrė dar keliatą analogiško dizaino lęšių. Tačiau pirmieji progresiniai lęšiai, naudojant asferinius paviršius, buvo sukurti 1922 m. Duke Elder. Europoje šis gaminyje buvo sukurtas dar vėliau 1959 m. prancūzo Bernard Maitenaz [1]. Šie lęšiai buvo pavadinti Varilux 1. Židinio galia šiame lęšyje kito nuo viršaus žemyn. Lęšio galią buvo stengiamasi stabilizuoti viršutinėje ir apatinėje zonose, siekiant sukurti kuo platesnes arčio ir tolilio regėjimo zonas ir galimybę šiose zonose atlikti matavimus dioptrimetru. Lęšio struktūra tolilio ir arčio zonose buvo artima sferiniams lęšiams.

David Hant ir Josep Vanberg 1961 m. sukūrė pirmąjį PAL JAV, kurio priekinio paviršiaus kreivė vertikaliame meridiane laipsniškai mažėjo iš viršaus į apačią. Horizontaliame meridiane paviršiaus kreivė išliko stabili ir nekeičiama, bei sudarė 90 kampo cilindą. Lęšio autoriai, siekdami sumažinti cilindro galią ir neigiamą astigmatinį poveikį, nusprendė užpakalinį paviršių šlifuoti torinės formos. Tačiau, lęšio stiprumo apskaičiavimas ir priešingo paviršiaus cilindro 0 ašies padėtis apsunkino gamybos procesą ir neleido pristatyti gaminio optikos rinkai.

1964 m. buvo pagaminti pirmieji asimetriniai progresiniai lęšiai. Dešinysis ir kairysis lęšis skirtingi, progresinės linijos ašys pasuktos 10 laipsnių nosies kryptimi. Tai turėjo užtikrinti nesferinių, nesimetrinių paviršių lengvesnį apdorojimą [5]. 1972 metų pabaigoje buvo sukurti progresiniai lęšiai Varilux 2, kurie buvo mikšto monodizaino. Gamintojai siekė atsisakyti sferinės konstrukcijos ir patobulinti periferines zonas. Aberacijų sumažinimas buvo pasiektas naudojant horizontalią „optinę moduliaciją“, kuri išgaunama gamybos procese didinant lęšio stiprumą tolumo zonoje, o nežymiai mažinant stiprumą artumo srityje. Pagrindinis kūrėjų tikslas, pasiekti tokį matymo lygį, kad žiūrint pro lęšį išliktų tiesios linijos. To pasiekta reguliuojant vertikalius ir horizontalius prizminius efektus. Apart to, Varilux 2 dizainas buvo nesimetrinis, pagrindinis dėmesys buvo skiriamas zonoms, naudojamoms vienu metu abiems akims binokuliniam regėjimui [1].

1988 m. buvo pagaminti pirmieji progresiniai „multidizaino“ lęšiai. Šių lęšių pagrindinė savybė yra skirtingas dizainas, esant įvairaus didžio aberacijai ir stabilesnes, bei platesnės artumo

ir vidutinio atstumo zonos. Kiekvienos faktinės pridėtosios vertės dydis (ADD) nuo +0,75 D iki +3,5 D (12 pozicijų) [19].

1993 m. buvo sukurti Varilux Comfort progresiniai lęšiai. Šių lęšių rūšis tapo populiari oftalmologijos rinkoje, nes buvo patobulinta lęšių paviršių gamyba įvertinant vartotojų įpročius. Lęšio gamintojai siekė sutrumpinti progresinę zoną, užtikrinti arčio zonos kokybę, taip pat kontroliuoti periferinės zonos iškraipymus. Arčio zona lęšyje prasideda aukščiau, todėl reikia mažiau lenkti galvą skaitant, sumažėja akių ir galvos judesiai[7].

2000 m. kompanija Rodenstock pirmoji pasaulyje pagamino individualius progresinius lęšius, kurie yra gaminami pagal konkrečius nešiotjo parametrus. Tais pačiais metais kompanija Essilor pagamino progresinį lęšį Varilux Panamic[7]. Matematiniai modeliai leido išstobulinti gamybą, sukuriant platesnes zonas ir mažinant periferinius iškraipymus.

2004 m. buvo sukurtas progresinis lęšis skirtas siauriems rėmams Varilux Ellipse. 2006 m. buvo sukurtas aukštos raiškos progresinis lęšis Varilux Physio, kuriuos apdirbant panaudota metodika Twin Rx. Optiniai parametrai užtikrinami individualiai apdorojant priekinį ir užpakalinį lęšio paviršių. Šių lęšių gamyboje tolio zonos sumažintos ne tik pagrindinės, įprastai jau vertinamos aberacijos, bet ir aukštesnio laipsnio, kurios padidina regos aštrumą toliui. Tarpinėje lęšio zonoje nepageidaujama cilindrinė galia nukreipiama vertikaliai, akys geriau fokusuoja – išryškina vertikalias linijas. Arčio zona yra platesnė vertikalia kryptimi, siekiant sumažinti galvos judesius [7].

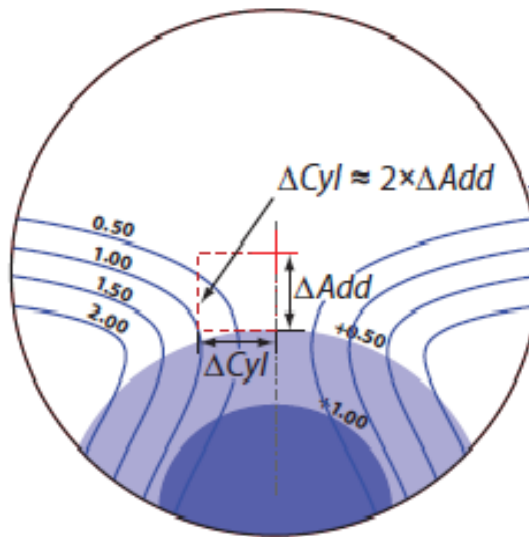
2008 m. rinkoje atsirado Varilux Ipseo, turintis įvairaus dizaino variantus, priklausomai nuo naudotojo poreikio judinti galvą arba akis. 2011 m. buvo sukurtas naujausias Essilor kompanijos kūrinys – Varilux Series[2]. Gamintojai kurdami šį lęšį naudojos nanooptika, kad išvengtų iškraipymų lęšio periferijoje.

1.1. Minkwitz teorema

Ši teorema 1963 m. suteikė dvi svarbias gaires apie progresinių lęšių optiką ir paviršių kitimą priklausomai nuo ADD [18]:

- Keičiantis nepageidaujamo astigmatizmo galiai siaurėja progresinio lęšio koridorius;
- ADD dydis įtakoja periferinio astigmatizmo dydį.

Teoremoje teigiama, kad periferinis astigmatizmas yra du kartus padidinta pridėtoji progresinio lęšio galia (žr. 1 pav.).



1 pav. Minkwitz teorema išreikšta grafiškai [18]

Minkwitz teorema įrodė, kad neįmanoma pagaminti progresinių lęšių be periferinio astigmatizmo, keičiančio optines lęšių savybes.

Autoriai Sheedy JE ir kt. atliko tyrimą, kurio tikslas buvo įrodyti arba paneigti, kad astigmatizmo dydis priklauso nuo ADD dydžio, remiantis Minkwitz teorema. Tyrimo metu buvo testuojami HOYA TACT lęšiai, nes jie turi plačią tarpinę zona su horizontalaus sferinio ekvivalento jėgos kontūrais ir vertikalios sferinės jėgos kontūrais. Lęšiai buvo matuojami Rotlex Class Plus analizatoriumi, kompiuterine programa, kuria galima apskaičiuoti lęšio cilindro dydį, ašį, galios progresijos plotį [15]. Tyrimo išvadose teigiama, kad Minkwitz teorema galima taikyti tiksliai, tiesioginiai padėčiai lęšio centre, kitu atveju paklaida kanalo pločio yra 2 mm. Tačiau cilindro yra progresinio lęšio ADD padauginta du kartus. Pagaminti progresinio lęšio be periferinio astigmatizmo neįmanoma.

1.2. Free - form technologija

Pirmą kartą 1990 m. *Free – form* technologija pritaikė vokiečiai, lęšių projektuotojas, pagamindamas atorinio užpakalinio paviršiaus progresinį lęšį [3]. Šiandien technologijos išsivystė, sudėtingus skaičiavimus atlieka mašinos kompiuteryje, parametrai yra paremti akių priežiūros specialistų rekomendacijomis. Šios technologijos dėka, gaunamas lęšio paviršius ypatingai tiksliai paskaičiuotas, pagal nešiotjo individualius parametrus. *Free – form*

technologija naudoja kompiuterio valdomą daugiaašį pjovimo sistemą, kuri atkuria sudėtingą lęšio paviršių (žr.2 pav.)([11]).

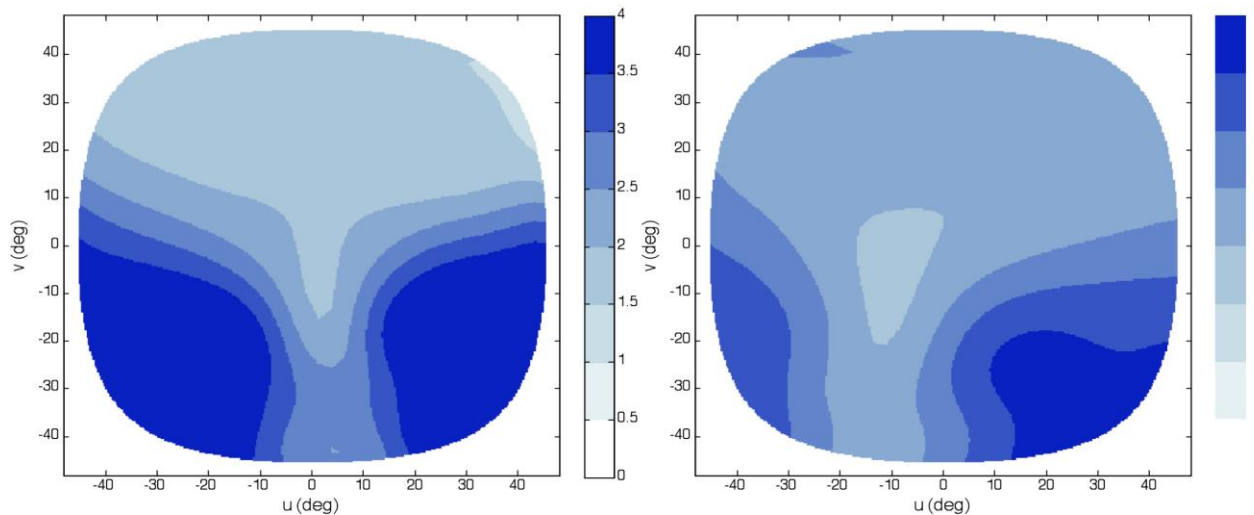


2 pav. *Free - form* generatorius [3]

Priklausomai nuo konkretaus lęšio paviršiaus ar prietaiso konfigūracijos, vienas ar daugiau polikristalinis deimantinis įrankis išpjauna reikiamą formą, paruošia lęšio paviršių, vėliau nupoliruoja [3].

Gaminant šia technologija, gali būti sukurtas priekinis arba užpakalinis lęšio paviršius arba abu paviršiai vienu metu. Priekinis lęšio paviršius gaminamas pagal recepto kreivę, uždedamos tradicinės lęšio dangos. Užpakalinis lęšio paviršius taip pat gaminamas pagal reikiamą receptūros kreivę, tačiau napoliruojamas, kaip priekinis paviršius. Šia technologija pagamintų lęšių paviršiams priklauso asferiniai, atoriniai ir progresiniai paviršiai, taip pat jų kombinacijos, panaikinant būtinybę aprūpinti didelės įvairovės nebaigtų tuščių lęšių vietų

Free - form technologijos pranašumas yra tai, neapriboja lęšio dizaino gamybos. Tradicinis lęšio ruošinys, gaminant progresinio lęšio dizainą, gali būti keičiamas nežymiai, priklausomai nuo lęšio bazinės kreivės ir ADD, siekiant pritaikyti tinkamą lęšio dizainą. Gaminant yprastą progresinį lęšį, kiekviena bazinė kreivė gali optimaliai atitikti tik tai vieno lęšio galią. Progresiniai lęšių receptūra yra skirtinga, galia skirtingai kinta lęšyje, todėl skiriasi lęšio bazinė kreivė, atsiranda iškraipymai (žr. 3 pav.). *Free –form* technologija leidžia pagaminti lęšį optimalaus dizaino, atsižvelgiant į konkrečią receptūrą. Optimaliai parinktas dizainas pagal individualų receptą, užtikrina palaipsnį galios kitimą ir mažina aberacijas lęšio periferijoje.



Standartinis lęšis

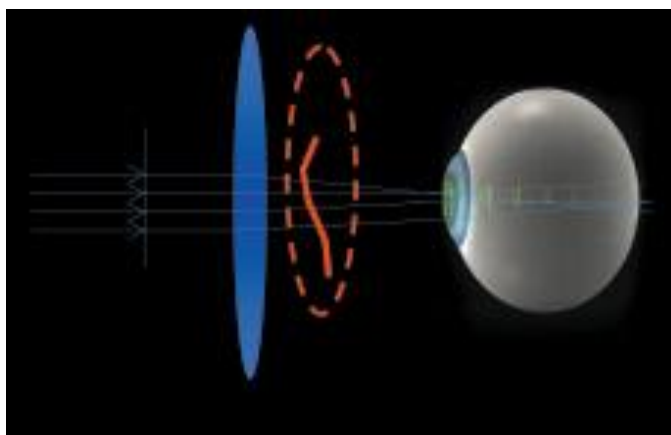
Free - form technologija gamintas lęšis

3pav. Standartinis ir *Free – form* technologija gamintas lęšis +2,00 ADD [14]

1.3. Wavefront technologija

Visi progresiniai lęšiai nevienodai laužia spindulius, nes jų galia lęšyje tolygiai kinta. Atsiranda optinės aberacijos, neryškus matymas. Siekiant gauti ryškų vaizdą tinklainėje būtina išanalizuoti šviesos spindulių pluoštą, kurie eina per lęšį ir patenka į akį visomis žiūrėjimo kryptimis [7].

Taikant *Wavefront* technologija, analizuojama šviesos spindulio pluošto perėjimą per lęšį (žr.4 pav.)[6]. Šios technologijos principas, kiekvienai žvilgsnio kryptčiai brėžiamas spindulys, kad gauti reguliarių spindulių pluoštą stebint objektą skirtingais atstumais. Reguliarius spinduliai sumuojami, atsižvelgiant į nešiotjo nurodymus ir būtinus lęšio parametrus, keičiama lęšio forma. Optiniai parametrai užtikrinami individualiai apdorojant priekinį ir užpakalinį lęšio paviršius.



4 pav. Wavefront technologijos eksperimentas[7]

Lęšio projektuotojai negali sukurti skirtingų galių židinių viename atstume. Dauguma lęšių gamintojų naudoja pasikartojantį procesą, naudodami optimizavimo programinę įrangą. Šiame procese lęšių projektuotojas apibrėžia pradinę optinę sistemą, apskaičiuoja lęšio optinės sistemos efektyvumą, pritaikęs Merit funkciją [7].

$$\text{Merit funkcija} = \sum_{i=1}^{i=m} P_i \cdot \sum_{j=1}^{j=n} W_j \cdot (T_j - A_j)^2$$

P_i – svorio taškas;

W_j – svoris optinėje charakteristikoje;

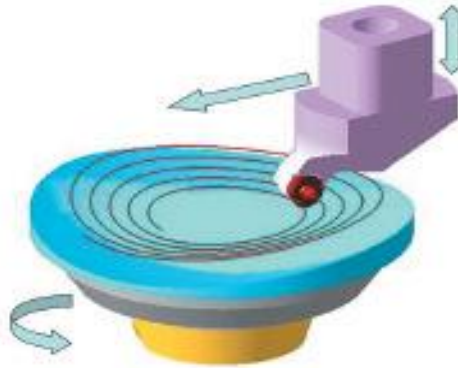
T_j – optinės charakteristikos tikslas;

A_j – dabartinė vertė optinėje charakteristikoje

Ši funkcija padeda įvertinti daug taškų lęšyje. Kiekviena taške siektina vertė ir specifinis svoris yra prisikiriami optinėms savybėms: galiai, astigmatizmui ir prizminiam efektui [7]. Remiantis Merit funkcija galima apskaičiuoti kiekvieno taško svertinę sumą, kvadratinį skirtumą tarp optinės charakteristikos. Specifiniai optiniai reikalavimai progresiniams lęšiams yra apibrėžti atlikus klinikinius bandymus ir įvertinus regos fiziologiją, dėvėtojo elgesį [7].

Essilor kompanija vystydama Varilux Physio gamyba, sujungė dvi technologijas Wavefront ir Point bay point twinning technologija[6]. Progresinių lęšių gamyba tapo kompleksišku skaičiavimu, kuris apskaičiuoja lęšio taškus žvilgsnio kryptimi, bet taip pat priekinį ir užpakalinį paviršius.

Point by point technologija, leidžia pagaminti kompleksiską užpakalinį lęšio paviršių, pagal individualų receptą (žr.5 pav.) [7].



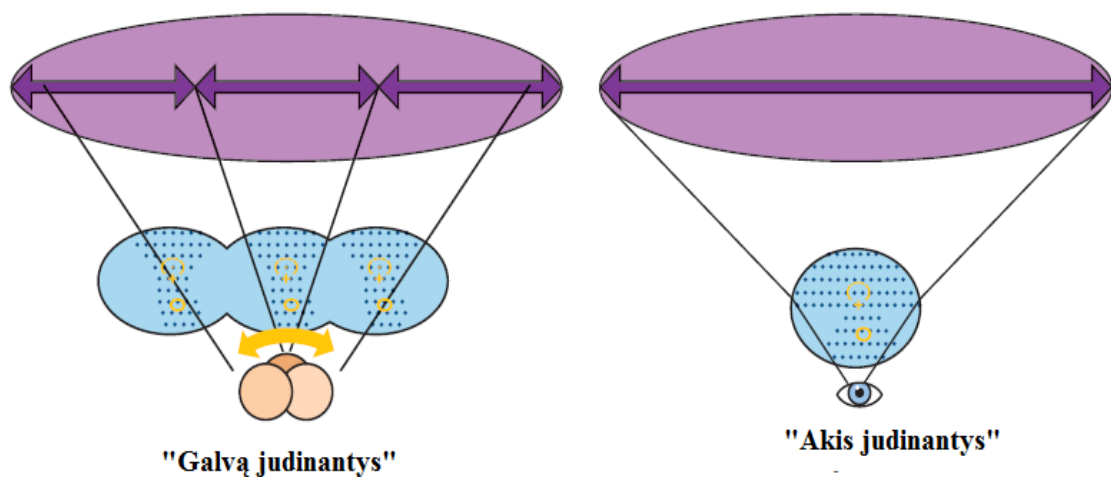
5 pav. Skaitmeninė paviršiaus gamyba [7]

1.4. Individualizavimo metodika

Dauguma gamintojų kuria savas technologijas, kaip išmatuoti individualias vartotojų savybes – akių, galvos judesių amplitudes ir greičius, akipločius. Pirmieji individualių lęšių technologija pritaikė Rodenstock ir Zeiss gamintojai. Individualios technologijos lęšių kriterijai buvo: monokuliarinis PD, atstumas nuo vyzdžio iki lęšio centro, pantoskopinis kampas [7].

Essilor kompanijos lęšių gamintojai, siekdami sukurti individualų progresinio lęšio dizainą. Progresinių lęšių nešiotojus suskirstė į dvi grupes (žr. 6 pav.)[7]:

- Judinantys akis;
- Judinantys galvą.



6 pav. Individualizavimo principas[6]

Siekiant įvertinti vartotojo elgseną Essilor kompanija naudojo įrangą Visio Print (7 pav.). Visio Print sistema susideda iš trijų lempučių: centrinė nutolusi 40cm nuo individo kaktos, kitos dvi į kairę ir į dešinę nuo centrinės lemputės po 40 cm. Bandymo metu individui uždedami akiniai, kurie fiksuoja akių ir galvos judesius. Lemputės įsijungia atsitiktine tvarka, kas 15 s., bandymas trunka 1min 30s[8]. Fiksuojami rezultatai apskaičiuojami, nustatant akių ir galvos judesių santykį.



7 pav. Visio print sistema [7]

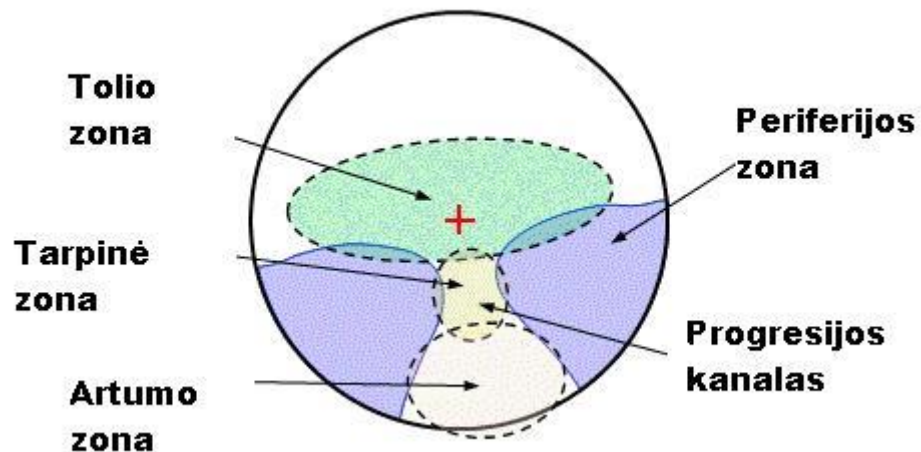
Vokiečių kompanijos Rupp+Hubrach lęšių projektuotojai paskaičiavo, kad pagaminti individualų progresinį lęšį, reikia įvertinti nešiototojo galvos palenkimo kampą, kai žvilgsnis nuo tolimo atstumo objekto nukreipiamas į arti esanti daiktą [9]. Šie duomenys užfiksuojami ant akių uždedant daviklius, kurių sunčiamus signalus registruoja specialus įrenginys. Gaunami ne tik galvos palenkimo kampo duomenys, bet ir atstumas tarp vyzdžio centrų.

Ispanų kompanija INDO pasiūlė akies ir galvos judesius fiksuojančią kompiuterinę sistemą. Ši sistema, tai platus monitorius ir dvi stereoskopinės kameros[9]. Gaunami duomenys rodo, per kurią zoną akis žiūri dažniausiai, taip pat fiksuojamas judesio dažnumas.

2. PROGRESINIŲ LĘŠIŲ OPTINĖS SAVYBĖS

2.1 Progresinių lęšių zonos, zonų žymės lęsyje

Progresinis lęšis yra lęšis, kurio galia didėja nuo viršaus į apačią, pereinama nuo tolio zonos, tarpinės iki skaitymo[18]. Galios didėjimas yra gaunamas kintant lęšio kreivumo paviršiui. Progresinio lęšio kreivumas kinta pagal išanksto numatytą normą tarp lęšio zonų. Lęšį sudaro nepertraukiamos horizontalios kreivės tarp skirtingų zonų, be matomo perėjimo, kurių dėka progresinių lęšių nešiotojas gali žiūrėti skirtingais atstumais. Standartinio progresinio lęšio paviršiaus sritys (žr. 8 pav.).



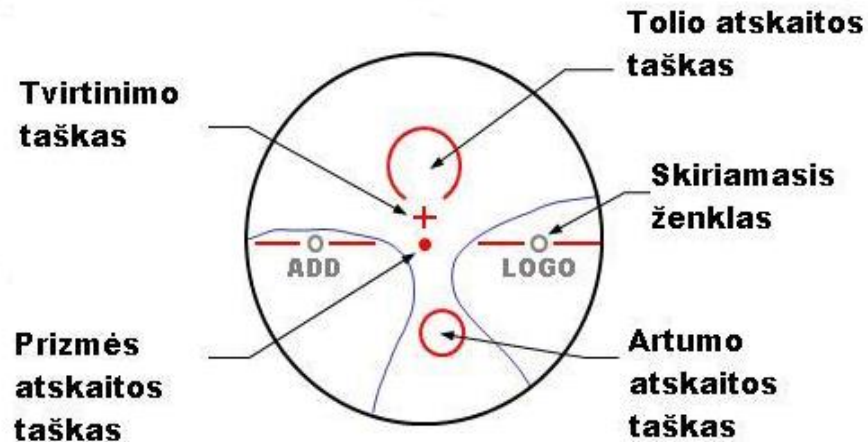
8 pav. Progresinio lęšio sritys [18]

Progresinių lęšių paviršių galima suskirstyti į keturias grupes[18]:

1. **Tolimo zona (distance)** – stabili sritis viršutinėje lęšio dalyje, užtikrinanti ryškų matymą į tolį;
2. **Artumo zona (near)** – stabili sritis lęšio žemesnėje dalyje, kurios ryškumą įtakoja faktinė pridėtoji lęšio galia (ADD) ;
3. **Progresijos koridorius, tarpinė zona (progressive corridor, intermediate)** – laipsniškai sujungiamos tolų ir artų zonos progresijos koridoriumi, užtikrinančiu ryškų matymą tarpinėje lęšio dalyje. Progresijos kanale nepageidaujamas astigmatinis lęšio poveikis neturi viršyti 0,5 D.

4. Periferijos zona (blending region) – periferinėse lęšio zonose yra nepageidaujamas astigmatizmas, kuris sukelia iškraipymus ir siaurina matymo lauką. Astigmatinis lęšio poveikis priklauso nuoprogresinio lęšio paviršiaus konstrukcijos, stiprumo bei ADD vertės.

Progresiniams lęšiams yra pateikiamas dviejų tipų ženklavimo išdėstymas: galios pasiskirstymo, identifikavimo ir patikrinimo tikslais. Žymėjimas yra išgraviruotas ant lęšio paviršiaus (žr. 9 pav.).



9 pav. Pagrindiniai atskaitos taškai progresiniame lęšyje [18]

1. **Tolio atskaitos taškas (DRP)** – tolio atskaitos taškas lęšio paviršiuje suteikia tikslią bazės kreivę, kurios dėka galima išmatuoti tolio zonos galią;
2. **Tvirtinimo taškas (FP)** – tvirtinimo taškas yra ant lęšio paviršiaus, kuris yra tiesiai prieš regimąją ašį, kai žiūrima pirminiu įdėmiu žvilgsniu;
3. **Prizmės atskaitos taškas (PRP)** – prizmės atskaitos taškas, kurį matuojant galima nustatyti nurodytos prizmės dydį;
4. **Artumo atskaitos taškas (NRP)** – artumo atskaitos taškas yra ant lęšio paviršiaus, kurį matuojant galima nustatyti ADD dydį [18].

2.2 Progresinių lęšių dizainas

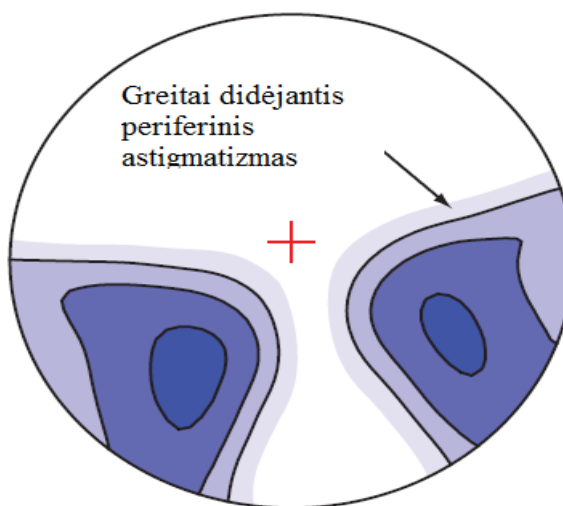
Progresinius lęšius būtų galima suskirstyti į kieto, minkšto, multi dizaino, asimetrinio, asferinio dizaino lęšius.

Julie Preston atliko tyrimą, kurio metu respondentai nešiojo skirtingo dizaino lęšius[16]. Tyrimui buvo naudojami trumpo, vidutinio ir ilgo koridoriaus lęšiai, trumpos, vidutinės ir plačios skaitymo zonos. Tyriamieji lęšius nešiojo savaitę laiko, vėliau pakeisdavo lęšio rūšį. Vertinant respondentų nuomonių pasiskirstymą buvo pastebėta, kad trumpo koridoriaus lęšius įvertino praščiausiai, ilgo koridoriaus palankiau buvo vertinami savaitės pradžioje, bet vėliau taip pat vertinti neigiamai. Palankiausiai buvo įvertinti vidutinio koridoriaus ir minkšto dizaino lęšiai.

Šiuolaikinių progresinių lęšių negalima priskirti minkštam ar kietam dizainui, nes jų konstrukcija yra šių dizainų derinys[18].

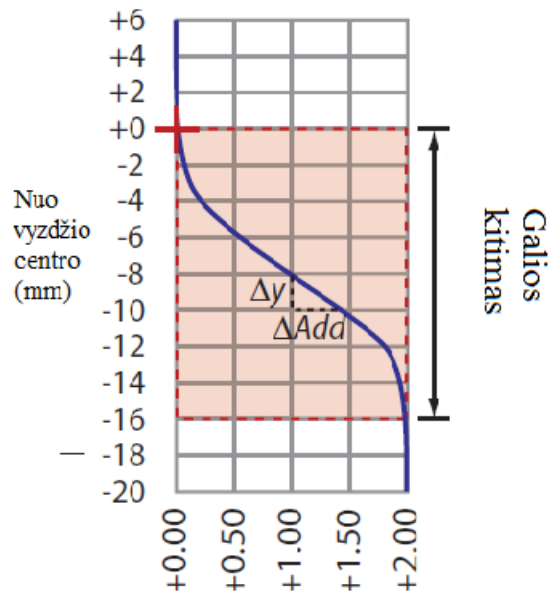
2.2.1 Minkštas, kietas, multi dizainas

Pirmieji progresiniai lęšiai buvo kieto dizaino. Tačiau tai sukėlė reikšmingą astigmatinį iškraipymą periferijoje[10]. Kietos konstrukcijos progresiniuose lęšiuose astigmatinė paklaida yra mažesniame lęšio paviršiaus lauke, todėl didelis ryškaus matymo laukas atsiranda aukštesnio, greičiau didėjančio paviršiaus astigmatizmo dėka. Kietos konstrukcijos progresinis lęšis turi plačias tolumo ir artumo zonas, siauresnį progresijos kanalą bei aukštesnį ir greičiau didėjanti astigmatizmą (žr. 10 pav.)[18].



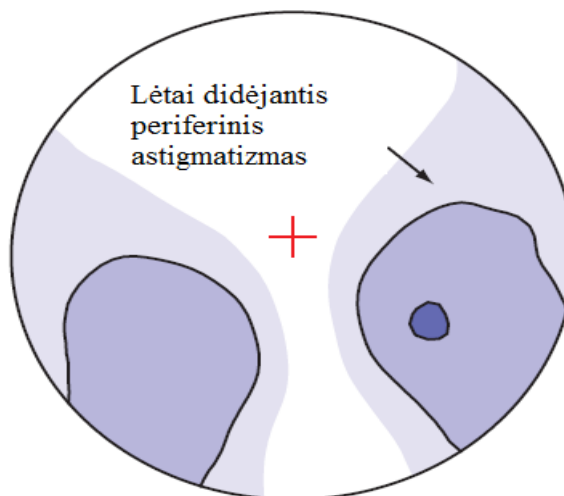
10 pav. Kieto dizaino lęšis [18]

Kieto dizaino lęšiai turi žymiai trumpesnį progresijos kanalą su greitu refrakcijos augimu (žr. 11 pav.)[18].



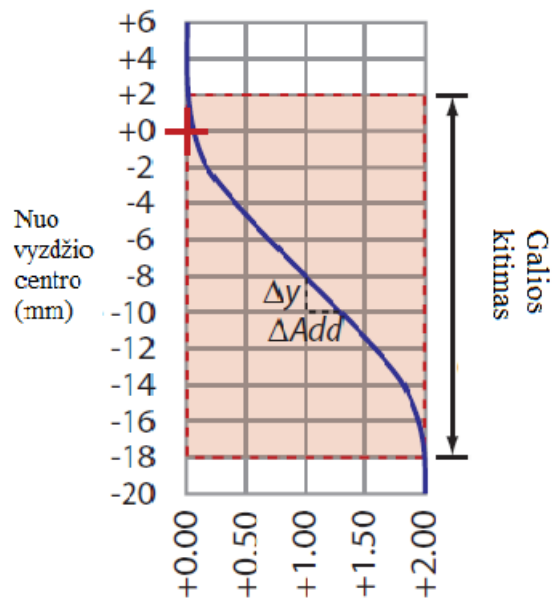
11 pav. Galios kitimas progresiniame lęšyje [18]

Minkšto dizaino lęšiuose optinio stiprumo pasikeitimai ir nepageidaujamas astigmatizmas didėja viršutinėje lęšio dalyje[18]. Šio dizaino lęšiai turi siauresnes tolumo zonas, gana ilgą progresijos kanalą su didėjančiais iškraipymais kraštuose. Neigiamos minkšto dizaino savybės yra sumažėjusi skaitymo zona. Tačiau ilgas kanalas suteikia nešiotojui didesnę vidutinio nuotolio naudą ir platesnę žiūrėjimo zoną (žr. 12 pav.).



12 pav. Minkšto dizaino lęšis [18]

Kadangi periferinio astigmatizmo norma yra proporcinga kanalo ilgiui, ilgesnis kanalas gali pagerinti dinamišką regėjimą ir bendrą nešiotjo komfortą(žr. 13 pav.)[18].



13 pav. Galios kitimas minkšto dizaino lęsyje [18]

Multi dizaino lęsiuose yra panaudotos geriausios minkšto ir kieto dizaino savybės: plačios tolumo ir artumo zonos, platesnis progresijos kanalas ir minimalus periferinis astigmatizmas, geresnė binokuliarinė simetrija. Platesnės zonos leidžia nešiotoju labiau judinti galvą ir akis. Atsižvelgiant į geometrinių skaičiavimų skirtumus gaminant multi dizaino lęsius pastebėta, kad šio dizaino lęšiai turi plačiausią tarpinę zoną.

2.2.2 Asferinis dizainas

Asferinių lęšių dizaino gamyba remiasi minkšto dizaino gamybos principais. Gamintojai, gamindami tokios rūšies lęsius stengiasi sumažinti iškraipymus. Asferinio paviršiaus dėka tolumo zonoje neatsiranda nepageidaujamas astigmatizmas, nors lęšio kreivumas ir yra plokštesnis. Šio dizaino dėka, išgaunama daug platesnė tarpinė zona. Asferinės konstrukcijos lęšiams būdingas ilgas progresijos kanalas, tačiau prarandamas tolumo ir artumo zonų dydis, kas sąlygoja aberacijų išsidėstymą ant lęšio paviršiaus [18]. Panaudojus multi dizainą, pavyko išgauti trumpą sferinių lęšių progresijos kanalą ir zonų plotį, kaip asferiniuose lęsiuose.

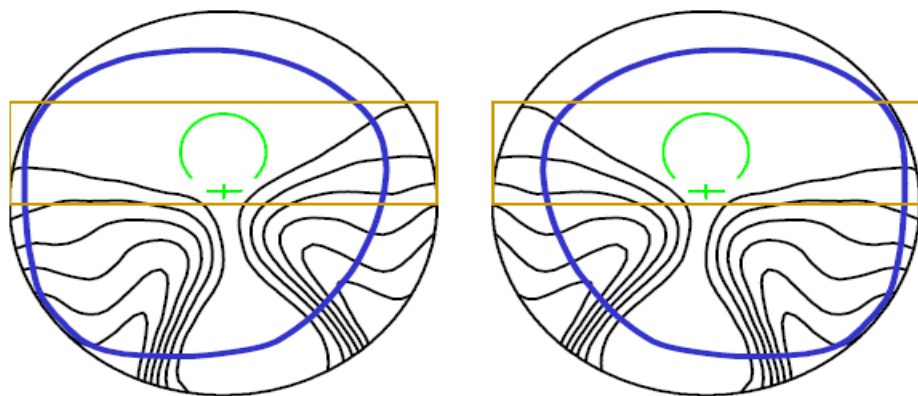
Asferinių lęšių privalumai[18]:

- Geresnės optinės savybės;
- Platesnis ryškaus matymo laukas;

- Plokštesni, lengvesni ir plonesni;
- Pagerina estetinį akinių vaizdą.

2.2.3 Simetrinis ir asimetrinis progresinių lęšių dizainas

Senesnės kartos progresiniai lęšiai buvo simetrinio dizaino. Siekiant išgauti norimą simetriją artumo zonai, lęšių ruošiniai buvo pasukami priešinga kryptimi $9 - 10^0$ [18]. Tačiau ši lęšių ruošinių rotacija pakenkė binokuliniam regėjimui, pasukus lęšį tam tikra kryptimi, skyrėsi astigmatizmo galia skirtingose lęšio dalyse. Simetrinio dizaino progresiniuose lęšiuose paviršiaus astigmatizmas yra simetriškas progresijos kanalui [18]. Dėl šios zonų padėties atsiranda nepageidaujamas astigmatizmas dešinio ir kairio lęšio tolumo zonoje prie nosies. Žiūrint į tolį su simetrinės konstrukcijos lęšiais ir judinant akis į dešinę ir į kairę, viena akis patenka į periferinio astigmatizmo zoną, kita akis į lauką, kuriame nėra aberacijų (žr. 14 pav.).

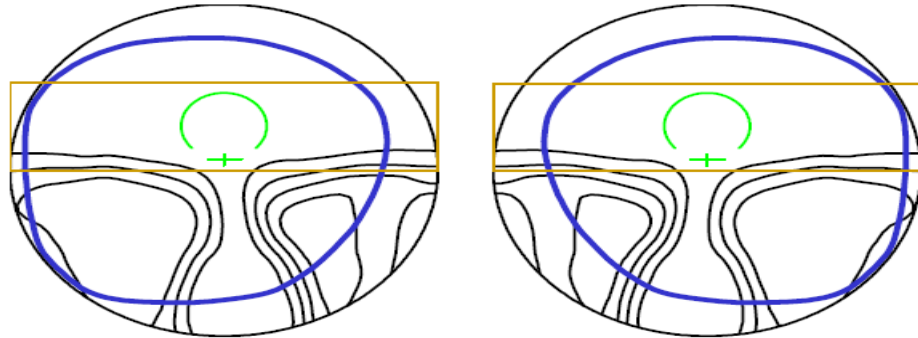


14 pav. Simetrinio dizaino progresinis lęšis. Iškraipymai prasideda aukščiau, vidinėje lęšio dalyje, abu lęšius pasukus 10^0 . Dešinė ir kairė akis žiūri į kairę, nes dešiniajame lęšyje rotuojant akį vaizdas išsilieja dėl periferinio astigmatizmo [18].

Pagrindinė progresinio lęšio linija šiame dizaine derinama su akių suvedimu. Tačiau akys vaizdą mato nevienodai.

Asimetrinės konstrukcijos lęšiuose periferinės zonos yra asimetrinės, todėl tolumo zonoje nėra astigmatizmo, o periferinėje zonoje astigmatizmas prie smilkinio ir nosies skiriasi [18]. Esant asimetrinio dizaino progresiniams lęšiams abi akys mato vienodo stiprumo sferą, cilindrą ir prizminio efektą. Binokulinis matymas yra optimalus. Asimetrinis progresinio lęšio dizainas suteikia galimybę sukurti konstrukciją atskirai kairiam arba dešiniam lęšiui [18]. Lęšio paviršius yra

apskaičiuojamas natūralia konvergencija, todėl vaizdas yra identiškas abiejuose lęšiuose. Periferinės lęšio dalys yra asimetrinės, todėl tolio zonoje nėra astigmatizmo, o periferinėje lęšio dalyje astigmatizmas skiriasi (žr. 15 pav.).



15 pav. Asimetrinio dizaino progresinis lęšis[18]

2.3 Progresinių lęšių aberacijos

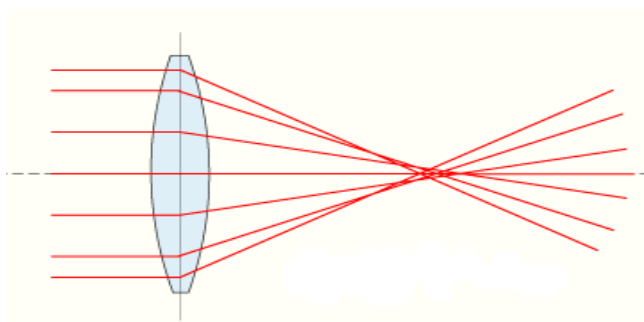
Paraksialųjų spindulių optinė sistema beveik ideali, nes tašką atvaizduoja tašku, tiesią liniją – tiese, plokštumą – plokštuma. Kai šviesos pluoštelio plotis ir atstumas nuo optinės ašies yra baigtinis, pažeidžiamos paraksialios optinės taisyklės. Tada objekto, kurio nors taško skleidžiami spinduliai, praėję pro optinę sistemą, kertasi ne viename vaizdo plokštumos taške, o sukuria dėmelę – vaizdas iškraipomas, pasireiškia ydos[11].

Optinės ydos skirstomos[11]:

- Sferinės aberacijos;
- Distorsija;
- Periferinis astigmatizmas;
- Chromatinės aberacijos;
- Ašinės chromatinės aberacijos;
- Kraštinės chromatinės aberacijos;
- Koma;
- Lauko kreivumas.

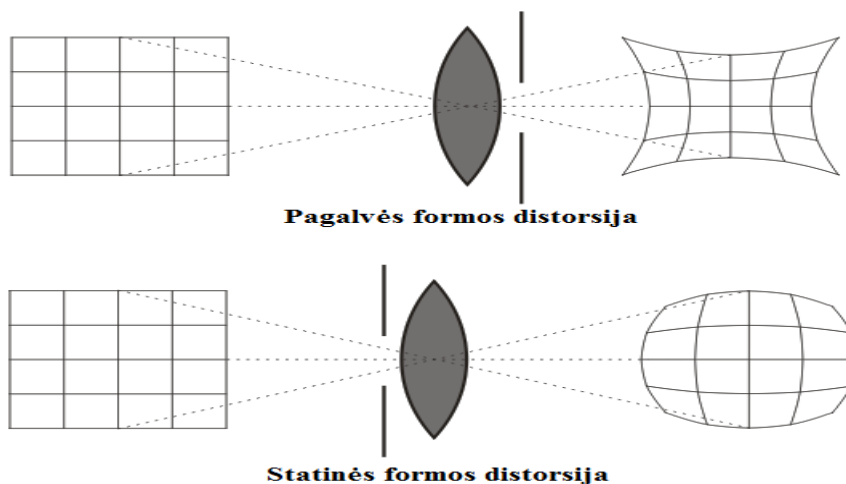
Sferinės aberacijos. Lygiagretūs šviesos spinduliai, perėję per lęšį, nebesusirenka viename taške. Centriniai, sklindantys arčiau optinės ašies, kerta ašį toliau, o kraštiniai - arčiau lęšio[11]. Glaudžiamąjo lęšio sferinė aberacija yra neigiama, o sklaidomojo – teigiama. Sferinės

aberracijos dydis priklauso nuo lęšių paviršių spindulių kreivumo[25]. Siekiant, kad ši yda nepasireikštų, reikia, kad optinę sistemą ar lęšį praėję lygiagretūs spinduliai idealiai susikirstų viename taške – židinyje.



16 pav. Sferinė aberacija[12]

Distorsija – lęšio aberacija, kai vaizdas yra iškraipomas dėl skirtingo didinimo (mažinimo) einant nuo centro į pakraštį. Jei centrinės vaizdo dalys didinamos daugiau, negu kraštinės, distorsija – pagalvės formos. Jei kraštinės vaizdo dalys daugiau sumažinamos – statinės formos (žr. 17 pav.)([11].



17 pav. Distorsijų rūšys [12]

Periferinis astigmatizmas. Lęšio aberacija, kai kampu į lęšį krentantys šviesos spinduliai fokusuojami ne į tą tašką, o į elipsės formos dėmelę. Žiūrint per lęšį ne optinės ašies kryptimi stebimi astgmatiniai objekto iškraipymai[11].

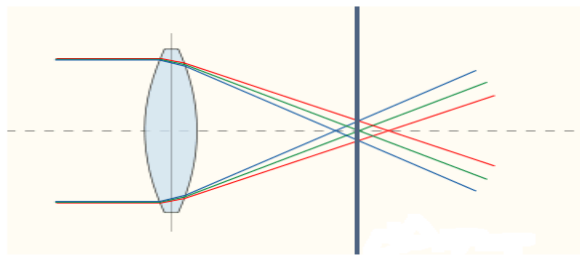
Vaizdas periferijoje iškraipomas. Lenktesnio lęšio iškraipymai mažesni.

Sumažinimas[11] :

- Lenktesniais lęšių paviršiais (pliusiniams lęšiams);

- Asferiniais lęšiais (didelės galios ir formos lęšiams);
- Minimalią lęšio formą;
- Minimalia decentracija;
- Tinkamai nustatytu pantoskopiniu kampu.

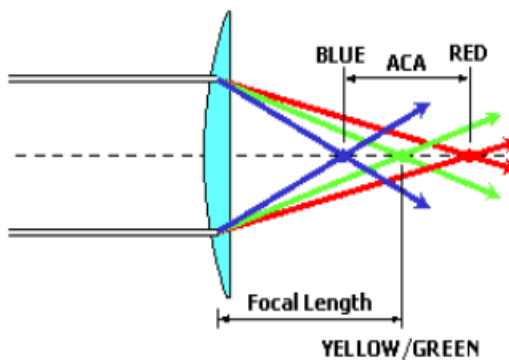
Chromatinė aberacija – medžiagų šviesos lūžio rodiklis priklauso nuo šviesos bangos ilgio. Bangos ilgiui trumpėjant, lūžio rodiklis didėja [11]. Eidami per lęšį labiau lūžta violetiniai spinduliai, o mažiau raudonieji. Optinė sistema ar lęšis be galo nutolusį taškinį objektą atvaizduoja ne tašku, o erdvėje nesutampančiu spalvų rinkiniu. Siekiant sumažinti chromatinę aberaciją optinės sistemos sudaromos iš glaudžiamųjų ir skaidomųjų lęšių, pagamintų iš stiklo su skirtinga dispersija.



18 pav. Chromatinės aberacijos[12]

Ašinės chromatinės aberacijos. Šios rūšies aberacijos (žr. 19 pav.) gali būti įvertintos dioptrijomis, paskaičiuotos formule[13]:

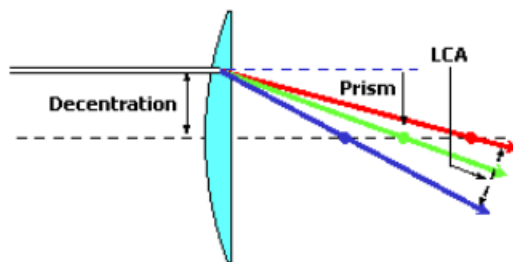
$$ACA = \text{lęšio galia} / \text{abės skaičiaus}$$



19 pav. Ašinės chromatinės aberacijos[13]

Kraštinės chromatinės aberacijos. Gali būti įvertintos dioptrijomis, paskaičiuotomis formule[13]:

$$KCA = \text{Prismė} / \text{Abės skaičiaus}$$



20 pav. Kraštinės chromatinės aberacijos[13]

Chromatinės aberacijos pasireiškia:

- Neryškiu matymu žaliame ar raudoname fone;
- Vaivorykštės spalvų atsiradimu lęšio kraštuose;
- Baltas paviršius, žiūrint per lęšio kraštą, matomas kaip spalvotas [13].

Mažinamos:

- Pakeičiant lęšio medžiagą, tipą;
- AR dangomis;
- Minimalia lęšio forma;
- Minimalia decentracija;
- Minimaliu viršūnės nuotoliu;
- Tiksliau centravimu;
- Tinkamai nustatytu pantoskopiniu kampu [13].

Koma – lęšio aberacija, pasireiškianti, kai šviesa iš ryškaus šviesos šaltinio krinta į lęšį įstrižai. Dėl komos taškinio šviesaus šaltinio vaizdas židinio plokštumoje yra vėduoklės formos [17].

3. PROGRESINIŲ LĘŠIŲ MATAVIMO BŪDAI

Svarbiausią informaciją, kurią pageidauja žinoti progresinių lęšių nešiotojai – progresinių lęšių optinės savybės [5]. Šie duomenys yprastai gali būti matuojami skenuojamu dioptrimetru optikoje. Tačiau šio paprasto metodo nepakanka įvertinti visas optines progresinio lęšio savybes. Todėl buvo sukurta daugiau metodų, skirtų matuoti progresinius lęšius: okuliarinis, skenuojantis, priekinio paviršiaus, elektrinis dioptrimetrai, trimačiai žemėlapiai, interferometrija, 3-d žemėlapiai, kompiuterinės programos „Rotlex Class Plus lens“ ir kt [6]. Visi šie metodai yra skirti optiniams matavimams, išskiriant progresinių lęšių savybes: zonų plotį, aberacijas, galios kitimo zonos ilgį, maksimalaus astigmatizmo dydį [5].

3.1 Okuliarinis, skenuojantis, priekinio paviršiaus, skaitmeninis dioptrimetrai, fotografija

Dioptrimetrai – pasaulyje plačiai naudojami komerciniai prietaisai, suprojektuoti lęšių gebos, astigmatizmo ir prizmės matavimams viename lęšio taške, nustatomame ant prietaiso lęšio laikiklio[25].

Dioptrimetrų rūšių yra įvairių. Darbo autorė išskyrė tuos dioptrimetrus, kuriuos naudojant mokslininkai matavo progresinių lęšių savybes.

Okuliarinis dioptrimetras – populiariausias prietaisas, matuoti optines progresinių lęšių savybes. Standartiniu okuliariniu dioptrimetru galima išmatuoti lęšio galią bet kuriame matuojamo lęšio taške. Kadangi progresinių lęšių naudojimas apima ne tik centrinę zoną, bet ir periferinę, ypač artumo zonoje, matuojant okuliarinių dioptrimetrų galima stebėti galios kitimą visame lęšyje.

Wittenberg buvo pirmasis asmuo, pristates trijų progresinių lęšių matavimus, pagal sferinį ekvivalentą[6]. Sferinė galia buvo matuojama užpakaliniam paviršiui, atsižvelgiant į atskaitai pasirinkta meridianą.

Skenuojantis dioptrimetras. Prietaisas buvo sukurtas tam, kad atkartotų akies judesius lęšyje[6]. Objektyvas montuojamas taip, kad sukasi apie fiksuotą tašką, tai atitinka akies judesius lęšyje. Simonet ir kt. matavo progresinius lęšius, naudodami modifikuotą skenuojantį dioptrimetrą, imituojantį akių rotacijos judesius [22]. Tyrimo metu buvo matuojami trys

progresiniai lęšiai, kurių ADD +1,00, +2,00, +3,00. Apibendrinus rezultatus, autoriai teigė, kad šiuo matavimo prietaisu galima išmatuoti optines progresinio lęšio savybes.

Sheedy ir kt. siekdami tikslesnių rezultatų, panaudojo skenuojanti dioptrimetrą, matuojant 10 progresinių lęšių (ADD +2,0)[23]. Apibendrinami rezultatus autoriai teigė, kad toks matavimo būdas yra tinkamas, matuojant progresinių lęšių optines savybes.

Priekinio paviršiaus dioptrimetras. Šis prietaisas yra skirtas matuoti priekinio paviršiaus galią, neatsižvelgiant į užpakalinį paviršių. Fowler ir kt. išmatavo 24 progresinius lęšius (ADD +2,0) mechaniniu būdu [5]. Tyrimo išvadose teigiama, kad šiuo matavimo būdu yra sunkiau išmatuoti periferinį astigmatizmą.

Skaitmeninis dioptrimetras. Kompaktiškas daugiafunkcinis lęšių matuoklis, pagrįstas kraštų pjovimo optinėmis ir elektroninėmis technologijomis [5].

Gary R. Bell at al 2001 m. atliko tyrimą, kurio metu matavo 30 pažangiausių progresinių lęšių mechaniniu būdu, Humphrey 330 analizatoriumi [5]. Apibendrinę rezultatus darbo autorius teigė, kad „aukščiausios kokybės“ lęšiai ženkliai nesiskyrė nuo „neaukščiausios kokybės“ lęšių. Zonų dydžio pokytis tirtuose lęšiuose buvo rastas ženklus, neatsižvelgiant į gamintojų pateiktą lęšio charakteristiką.

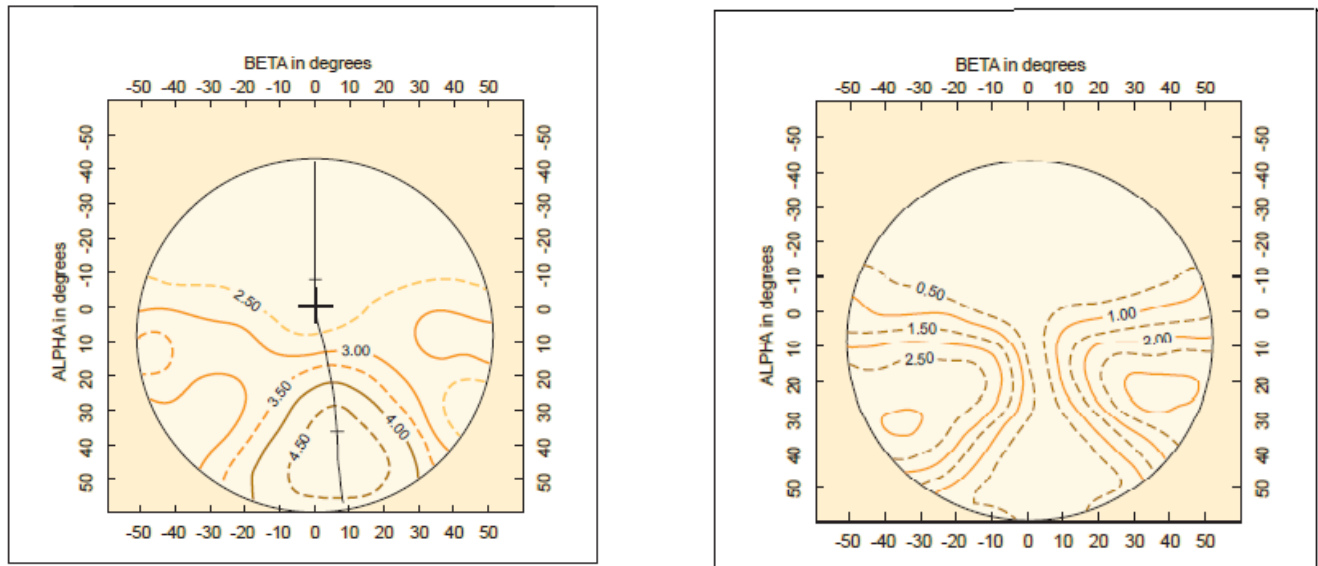
3.2 Fotografija, interferometrija

Fotografija. Progresiniai lęšiai gaminami skirtingų paviršių, tam kad išgauti norimą dizainą, zonų plotį, maksimaliai sumažinti periferinį astigmatizmą [28]. Šios metodikos tikslas – įvertinti vizualinius erdvės iškraipymus lęšio periferijoje. Taikant šį matavimo metodą, naudojama plyšinė kamera ir lęšio laikiklis imituojantis akies judesius [28]. Su plyšine kamera fotografuojamas vaizdas per progresinį lęšį ir be jo. Lyginant šias nuotraukas, galima nustatyti iškraipymo zonas.

Heath ir kt. plyšinė kamera matavo tris skirtingus progresinius lęšius +0,75, +1,50, +3,00 ADD [28]. Išvadose teigiama, kad simetrijos trūkumas lęšiuose apsunkina aplinkos suvokimą ir prailgina adaptacijos laikotarpį.

Interferometrija. Kompiuterio pagalba atliekami optinio stiprumo matavimai atitinkamuose lęšio paviršiaus taškuose, kuriais remiantis sudaromas progresinio lęšio galios žemėlapis. Analizuojant šį žemėlapiį galima nustatyti progresinio lęšio galios stiprumą kiekviename taške (žr. 21 pav.).

Analizuojant žemėlapių kreives galima nustatyti kokio dizaino yra lęšis, zonų pločius, tašką, kuriame prasideda aberacijos[6].



21 pav. Galios ir periferinio astigmatizmo kitimas lęšyje [7]

Kiekvienas progresinis lęšis turi periferinį astigmatizmą. Nustatyti periferinį astigmatizmą naudojamos astigmatinės kreivės [7].

Kreivės sudaromos tokiu principu:

- Išmatuojamas priekinis lęšio paviršius;
- Taškai, kurie turi beveik vienodą astigmatinį stiprumą yra sujungiami tarpusavyje.

Gaunama astigmatinė ar galios kreivė.

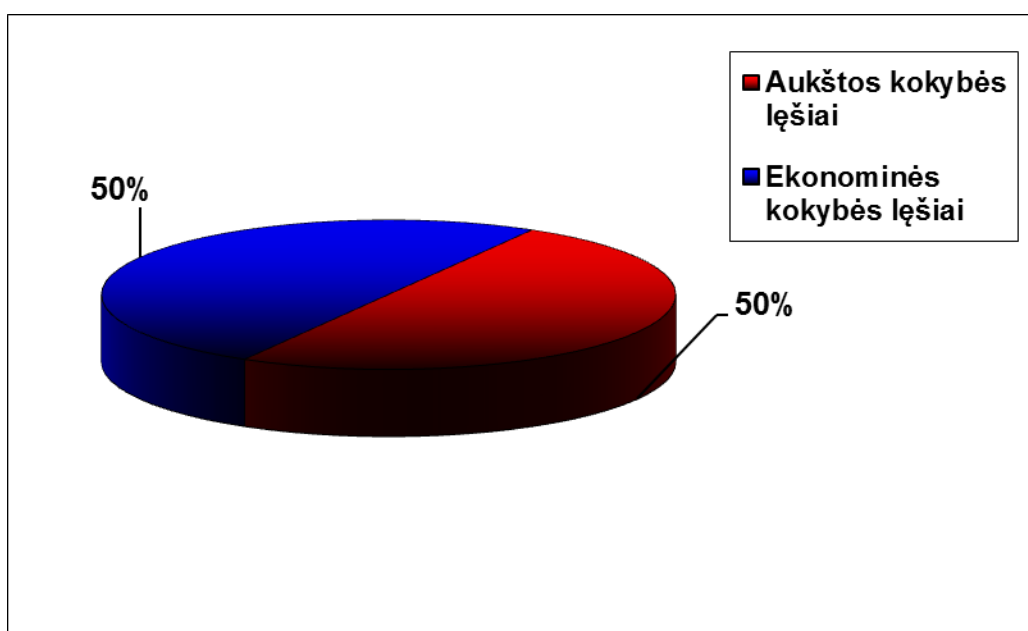
Vertinant kreives žiūrima į jų padėtį. Kuo kreivės arčiau viena kitos, tuo didesnis astigmatinis stiprumas, didesnes aberacijos periferijoje [7].

Rosenblum ir kt. atliko tyrimą, kurio metu vertino skirtingų gamintojų progresinius lęšius (ADD +2,0) [21]. Įvertinę lęšių 3 – d žemėlapius, darbo autorius teigė, kad ADD keičia optines lęšio savybes.

4. TYRIMO ORGANIZAVIMAS IR METODIKA

4.1 Tyrime naudotų lęšių charakteristika

Tyrimas buvo atliktas 2013 m. sausio – balandžio mėn. UAB „Baltoptik“. Tyrimo metu buvo testuojama 30 pažangiausių progresinių lęšių. Lęšiai buvo suskirstyti į dvi grupes: 15 „aukštos kokybės“ lęšių, šiai grupei buvo priskirti Varilux Physio, Physio 360, Varilux Comfort, 15 „ekonominės kokybės“ lęšių – Varilux Expert, Varilux Ellipse, Varilux Liberty. Tyriamų lęšių pridėtoji galia (ADD) 0,75 – 2,50 D.



23 pav. Procentinis tyriamų lęšių pasiskirstymas pagal rūšį

4.2 Tyrimo metodas

Matavimo metodika pasirinkta išanalizavus autorių Sheedy ir kt., Fowler ir kt., Gary R. Bell ir kt. atliktus progresinių lęšių matavimų tyrimus. Minėtų autorių progresinių lęšių matavimai buvo atlikti skaitmeniniu dioptrimetru.

Gary R. Bell ir kt. 2001 m. atliko tyrimą, kurio metu matavo 60 pažangiausių progresinių lęšių Humphrey 330 analizatoriumi (žr. 24 pav.)[5].



24 pav. Humphrey 330 analizatorius [26]

Remiantis Gary R. Bell ir kt. matavimo metodika tolio zonos atskaitos taškas buvo žymimas 4 mm virš derinimo taško. Nuo atskaitos taško buvo slenkamas dioptrimetro objektyvas, kol gaunama 0,5 D paklaida nuo matuojamo lęšio nurodytos galios. Analogiškas matavimas buvo atliekamas ir į kitą lęšio kraštą. Atstumas tarp dviejų pažymėtų taškų – tolio zonos plotis. Matuojant tarpinės zonos plotį, atskaitos taškas buvo žymimas 10 mm žemyn nuo tolio zonos atskaitos taško. Matavimas buvo analogiškas, kaip ir tolio zonos pločio. Skaitymo zonos atskaitos taškas buvo žymimas nuo tarpinės zonos slenkant dioptrimetro objektyvą žemyn, kol pasiekama nurodyta progresinio lęšio skaitymo zonos galia. Pažymėjus atskaitos tašką, dioptrimetras buvo slenkamas į lęšio periferiją, kol gaunama 0,5 D paklaida į kitą pusę analogiškai. Atstumas tarp dviejų taškų - skaitymo zonos plotis. Maksimalus astigmatizmas buvo matuojamas objektyvą lėtai slenkant į lęšio periferiją, kol pasiekiamas maksimalus astigmatizmas. Galios kitimo ilgis, buvo atstumas nuo tolio iki skaitymo zonos.

Matavimo kriterijai:

- Tolio zonos plotis;
- Tarpinės zonos plotis;
- Artumo zonos plotis;
- Maksimalus astigmatizmas;
- Galios kitimo zonos ilgis.

Matavimai buvo atlikti skaitmeniniu dioptrimetru (žr. 25 pav.).



25 pav. Skaitmeninis dioptrimetras[29]

4.3. Matematinė statistika

Statistinė duomenų analizė atlikta naudojantis MS Excel 2003 for Windows programa. Kiekybiniai kintamieji pateikiami kaip aritmetinis vidurkis (m) ir standartinė vidurkio įverčio paklaida (SEM). Vidurkių skirtumų statistinis reikšmingumas vertintas apskaičiuojant Studento (t) kriterijų. Pasirinktas reikšmingumo lygmuo, kai $p < 0,05$.

4.4. Tyrimo organizavimas

Tyrimo metu buvo matuojami ir lyginami Essilor kompanijos lęšiai, nes šie lęšiai yra pažangiausi ir gaminami pritaikant naujausias progresinių lęšių gamybos technologijas.

Aukštos kokybės progresinių lęšių grupei buvo priskirti **Varilux Comfort**, **Varilux Physio**, **Varilux Physio 360** progresiniai lęšiai.

Varilux Comfort progresiniai lęšiai - gamintojų teigimu, šie lęšiai išsiskiria plačia skaitymo zona, bei mažesniais iškraipymais lęšio periferijoje[7].

Varilux Physio progresiniai lęšiai - gamintojų teigimu yra aukštos raiškos. Optiniai parametrai užtikrinami individualiai apdorojant priekinį ir užpakalinį lęšio paviršių. Šių lęšių tolio zonoje sumažintos ne tik pagrindinės, įprastai jau vertinamos aberacijos, bet ir aukštesnio laipsnio, kurios padidina regos aštrumą toliui. Tarpinėje lęšio zonoje nepageidaujama cilindrinė galia nukreipiama vertikaliai, akys geriau fokusuoja – išryškina vertikalias linijas. Arčio zona yra platesnė vertikalia kryptimi, siekiant sumažinti galvos judesius [7].

Varilux Physio 360 progresiniai lėšiai – Essilor kompanija sujungė dvi technologijas Wavefront ir Point bay point twinning technologijas[6]. Progresinių lėšių gamyba tapo kompleksišku skaičiavimu, kuris apskaičiuoja lėšio taškus žvilgsnio kryptimi, bet taip pat priekinį ir užpakalinį paviršius. Point by point technologija, leidžia pagaminti kompleksiską užpakalinį lėšio paviršių, pagal individualų receptą, rėmo parametrus – pasvirimo kampą, atstumą nuo vyzdžio centro iki lėšio, gaubtumą [7].

Ekonominės kokybės progresiams lėšiams buvo priskirti – Varilux Expert, Varilux Ellipse, Varilux Liberty.

Apibūdindami **Varilux Ellipse** progresinius lėšius gamintojai nurodo, kad lėšis skirtas siauriems rėmams. Lėšio progresijos kanalas yra trumpas, plati skaitymo ir tolio zona, tačiau tarpinė zona yra siaura[7].

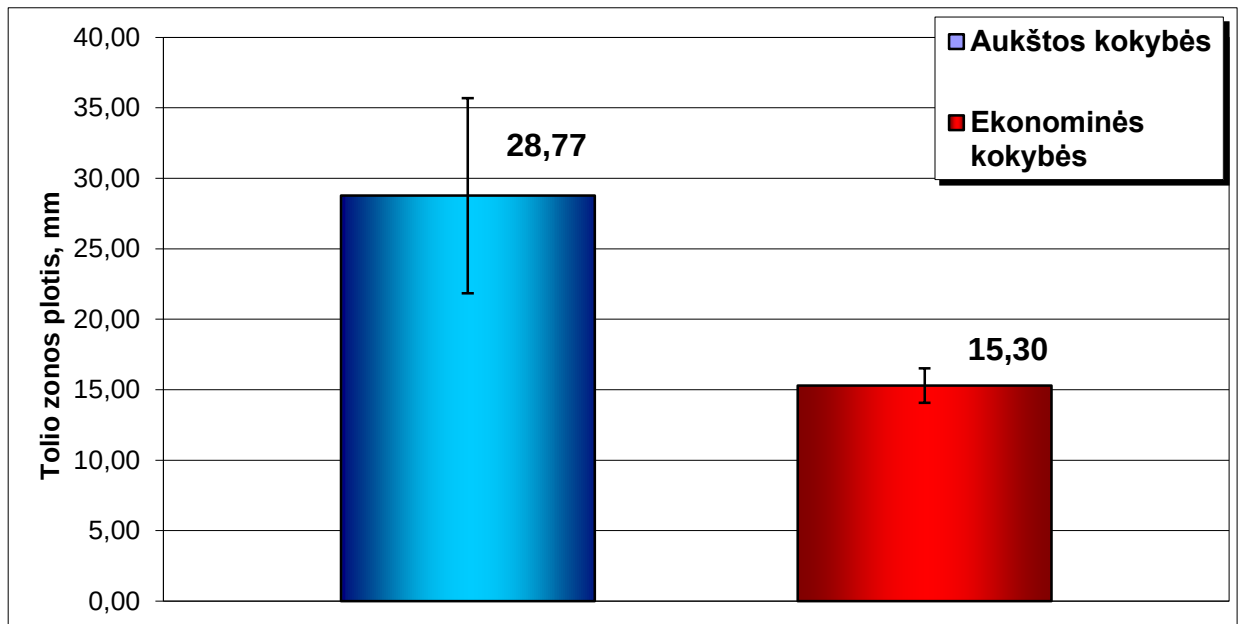
Varilux Expert ir **Varilux Liberty** lėšiai - ekonominės klasės. Gamintojų lėšių charakteristikoje nurodoma, kad šie lėšiai yra vieni pirmųjų multidizaino lėšių. Gamybos metu parenkamas minkšto – kieto dizaino derinys, tačiau lėšiai gaminami standartiškai, o ne pagal individualią receptūrą[7].

5.TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APITARIMAS

5.1. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, tolio zonos pločio vertinimas

Siauriausia aukštos kokybės lęšių tolio zona – 19 mm, Varilux Comfort, kai +2,50 ADD.
Plačiausia aukštos kokybės lęšių tolio zona - 40 mm, Varilux Physio 360, kai +1,50 ADD.
Siauriausia ekonominės kokybės lęšių tolio zona – 13 mm, Varilux Expert, kai +2,25 ADD.
Plačiausia ekonominės klasės lęšių tolio zona - 17 mm, Varilux Expert, kai +1,25 ADD.

Tirtų aukštos kokybės progresinių lęšių tolio zonos plotis statistiškai patikimai didesnis ($p < 0,05$). Aukštos kokybės lęšių tolio zonos plotis yra $28,77 \pm 6,93$ mm, ekonominės kokybės plotis yra $15,30 \pm 1,22$ mm. Aukštos kokybės lęšių plotis yra 88,03 proc. didesnis nei ekonominės kokybės lęšių tolio zonos plotis.

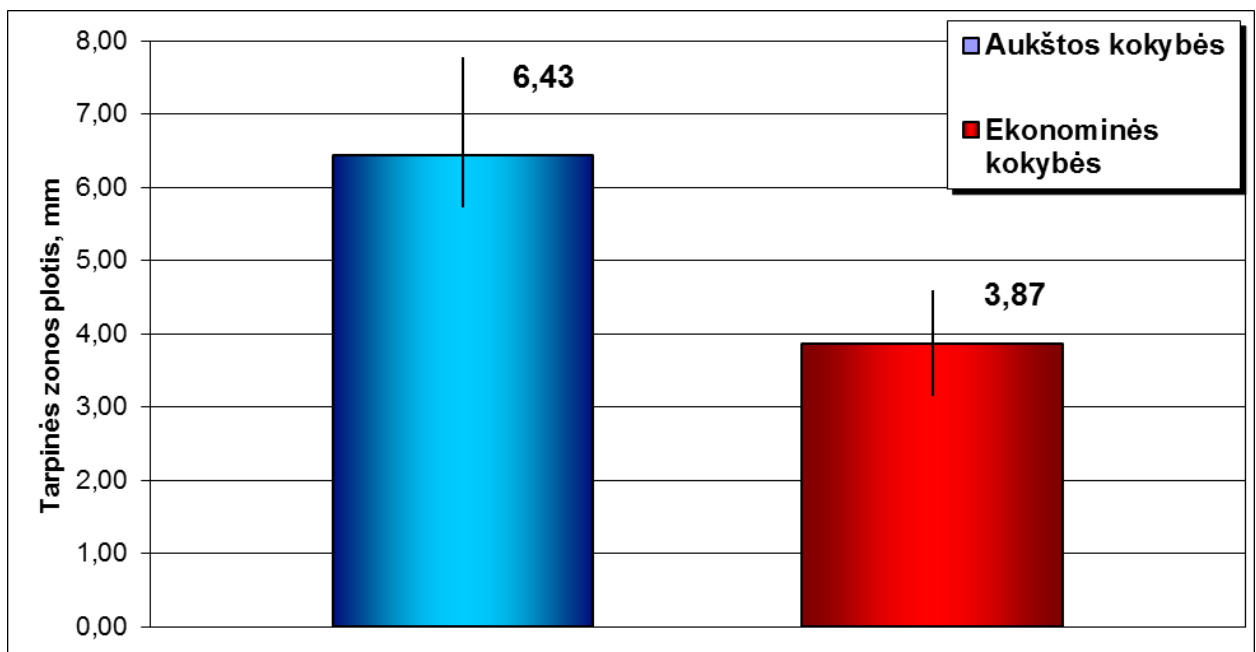


26 pav. Aukštos kokybės lęšių ir ekonominės kokybės lęšių, tolio zonos plotis ($p < 0,05$)

5.2 Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, tarpinės zonos pločio vertinimas

Siauriausia aukštos kokybės progresinių lęšių tarpinė zona – 4,5 mm, Varilux Comfort, kai +2,25 ADD. Plačiausia aukštos kokybės progresinių lęšių tarpinė zona - 9 mm, Varilux Physio 360, kai +1,50 ADD. Siauriausia ekonominės kokybės progresinių lęšių tarpinė zona – 3 mm, Varilux Expert, kai +2,25 ir +2,00 ADD, Varilux Elipse, kai +2,25 ir +2,00 ADD. Plačiausia ekonominės kokybės progresinių lęšių tarpinė zona - 5 mm, Varilux Expert, kai +1,00 ADD.

Tirtų aukštos kokybės progresinių lęšių tarpinės zonos plotis statistiškai patikimai didesnis ($p < 0,05$). Aukštos kokybės lęšių tarpinės zonos plotis yra $6,43 \pm 1,35$ mm, ekonominės kokybės progresinių lęšių tarpinės zonos plotis yra $3,87 \pm 0,72$ mm. Aukštos kokybės lęšių tarpinės zonos plotis yra 66,14 proc. Didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių plotis.



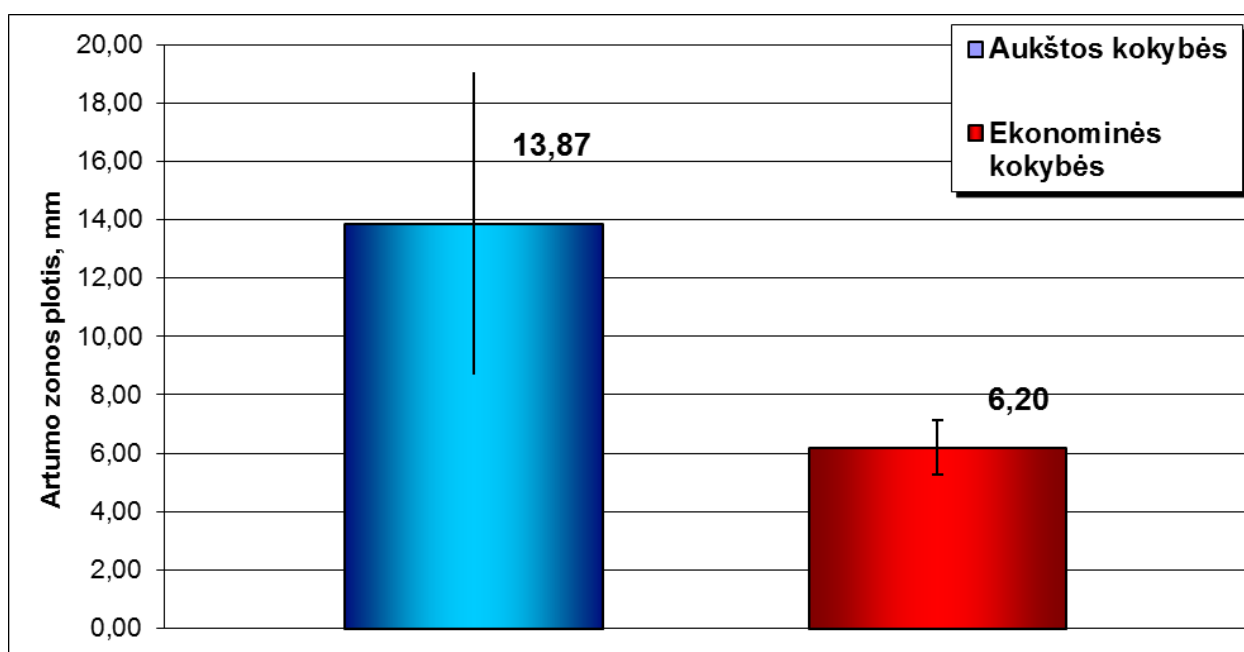
27 pav. Aukštos kokybės lęšių ir ekonominės kokybės lęšių, tarpinės zonos plotis ($p < 0,05$)

5.3 Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, artumo zonos pločio vertinimas

Siauriausia aukštos kokybės lęšių artumo zona – 6 mm, Varilux Comfort, kai +2,50 ADD. Plačiausia aukštos kokybės lęšių artumo zona - 22 mm, Varilux Physio 360, kai +1,50 ADD.

Siauriausia ekonominės kokybės lęšių artumo zona – 5 mm, Varilux Liberty, kai +2,25 ADD, Varilux Elipse, kai +2,25 ADD. Plačiausia ekonominės klasės lęšių artumo zona - 8 mm, Varilux Ellipse, kai +1,00 ADD.

Tirtų aukštos kokybės progresinių lęšių artumo zonos plotis statistškai patikimai didesnis ($p < 0,05$). Aukštos kokybės lęšių artumo zonos plotis yra $13,87 \pm 5,18$ mm, ekonominės kokybės progresinių lęšių artumo zonos plotis yra $6,20 \pm 0,92$ mm. Aukštos kokybės progresinių lęšių artumo zonos plotis yra 123,70 proc. daugiau, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių artumo zonos plotis.



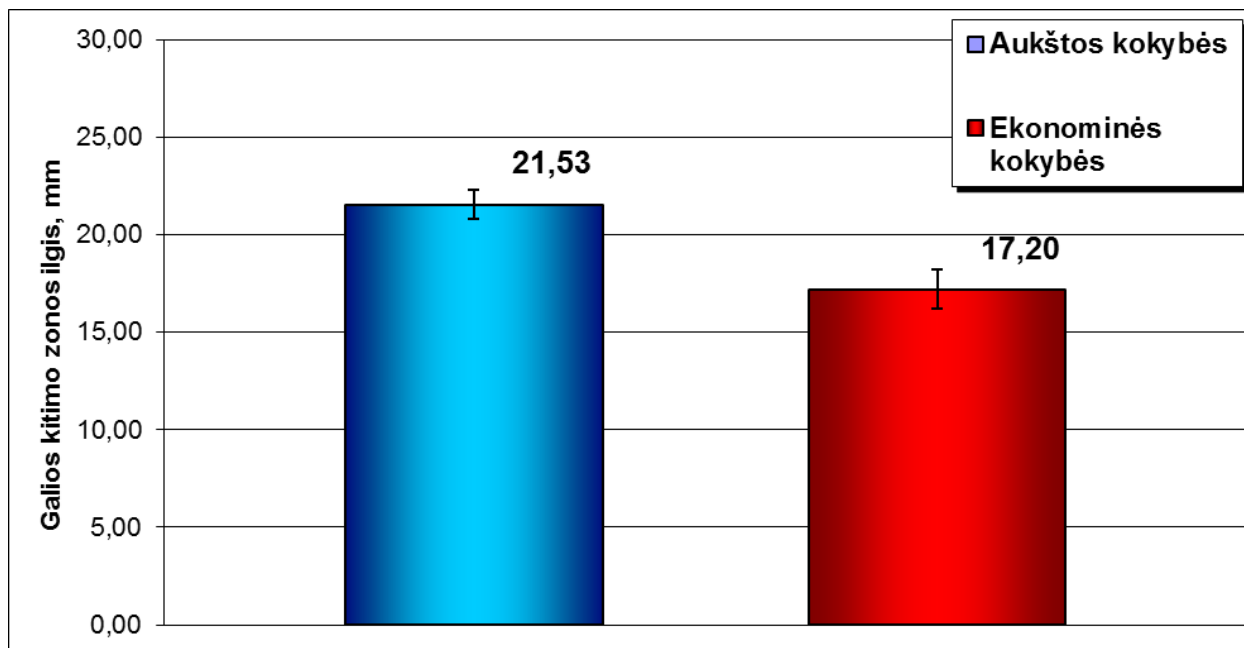
28 pav. Aukštos kokybės lęšių ir ekonominės kokybės lęšių, artumo zonos plotis

($p < 0,05$)

5.4 Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, galios kitimo zonos ilgio vertinimas

Ilgiausia galios kitimo zona, aukštos kokybės lęšiuose – 22 mm, visų ADD Varilux Comfort lęšiai. Trumpiausia galios kitimo zona, aukštos kokybės progresiniuose lęšiuose - 20 mm, Varilux Physio 360, kai +1,50 ADD. Ilgiausia ekonominės kokybės progresinių lęšių galios kitimo zona – 18 mm, Varilux Expert visų ADD. Trumpiausia ekonominės klasės lęšių galios kitimo zona - 16 mm, Varilux Elipse, visų ADD.

Tirtų aukštos kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis statistiškai patikimai didesnis ($p < 0,05$). Aukštos kokybės lęšių galios kitimo zonos ilgis yra $21,53 \pm 0,74$ mm, ekonominės kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis yra $17,20 \pm 1,01$ mm. Aukštos kokybės lęšių progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis yra 25,17 proc. didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis.



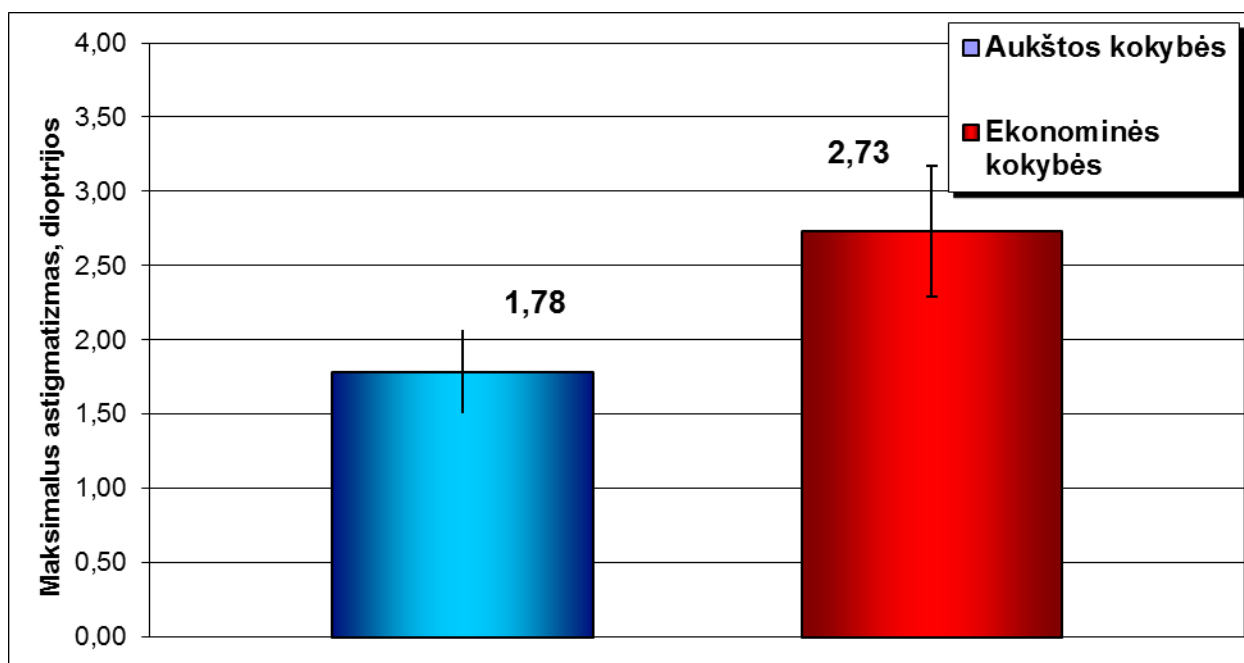
29 pav. Aukštos kokybės lęšių ir ekonominės kokybės lęšių, galios kitimo zonos ilgis
($p < 0,05$)

5.5 Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių, maksimalaus astigmatizmo galios vertinimas

Didžiausia maksimalaus astigmatizmo galia, aukštos kokybės lęšiuose – 2,50 D, Varilux Comfort, kai +2,50 ADD. Mažiausia maksimalaus astigmatizmo galia, aukštos kokybės lęšiuose – 1,5 D, Varilux Physio 360, kai +1,50 ADD. Didžiausia maksimalaus astigmatizmo galia, ekonominės kokybės lęšiuose – 3,25 D, Varilux Expert, kai +2,25 ADD. Mažiausia maksimalaus astigmatizmo galia, ekonominės kokybės lęšiuose – 2,00 D, Varilux Liberty, kai + 1,5 ADD.

Tirtų ekonominės kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia statistiškai patikimai didesnė ($p < 0,05$). Aukštos kokybės lęšių maksimalaus astigmatizmo galia yra $1,78 \pm 0,28$

mm, ekonominės kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia yra $2,73 \pm 0,44$ mm. Ekonominės kokybės lęšių maksimalaus astigmatizmo galia didesnė 53,37 proc., nei aukštos kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia.



30 pav. Aukštos kokybės lęšių ir ekonominės kokybės lęšių, maksimalaus astigmatizmo galios kitimas ($p < 0,05$)

5.6 Rezultatų aptarimas

Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad aukštos kokybės progresinių lęšių tolino, tarpinės, skaitymo zonų plotis ir galios kitimo zonų ilgis statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių tolino, tarpinės, skaitymo zonų plotis ir galios kitimo zonos ilgis. Ekonominės kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnė, nei aukštos kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia. Tačiau tarp aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių skirtingų ADD statistiškai patikimo skirtumo negauta.

Mokslininkai teigia, kad progresiniai lęšiai geriausiai kompensuoja akomodacijos stoką vyresniame amžiuje[1]. Progresinių lęšių gamintojai išskiria aukštos klasės ir ekonominės klasės

progresinius lęšius. Šių rūšių skirtumai, anot gamintojų, yra ženklūs, nes skiriasi progresinių lęšių paviršiai ir periferinis astigmatizmas.

Wittenberg buvo pirmasis asmuo, pristates trijų skirtingų progresinių lęšių matavimus, pagal sferinį ekvivalentą [26]. Sferinė galia buvo matuojama užpakaliniam paviršiui, atsižvelgiant į atskaitai pasirinkta meridianą. Matavimas buvo atliktas mechaniniu dioptrimetru.

Simonet ir kt. matavo progresinius lęšius, naudodamas modifikuotą skenuojantį dioptrimetrą, imituojantį akių rotacijos judesius [22]. Tyrimo metu buvo matuojami trys progresiniai lęšiai, kurių ADD +1,00, +2,00, +3,00 D. Apibendrinus rezultatus, autorius teigė, kad šiuo matavimo prietaisu galima išmatuoti optines progresinio lęšio savybes.

Fowler ir kt. išmatavo 24 skirtingus progresinius lęšius, kurių ADD buvo vienoda, mechaniniu dioptrimetru [5]. Tyrimo išvadose teigiama, kad šiuo matavimo būdu yra sunkiau išmatuoti periferinį astigmatizmą. Tačiau matavimo technika yra tinkama progresinių lęšių matavimui.

Sheedy ir kt. siekdamas tikslenių rezultatų, panaudojo skenuojantį dioptrimetrą, matuojant 10 skirtingų progresinių lęšių (ADD +2,0)[24]. Apibendrinamas rezultatus autorius teigė, kad toks matavimo būdas yra tinkamas, vertinant progresinių lęšių optines savybes.

Gauti darbo tyrimo rezultatai labiausiai sutampa su Gary R. Bell ir kt. tyrimo rezultatų duomenimis. Lyginant aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių zonų plotčius, aukštos kokybės progresinių lęšių zonų plotis skiriasi nuo ekonominės kokybės progresinių lęšių zonų pločio[1].

6. IŠVADOS

1. Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonų plotis skirtingas. Aukštos kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonų plotis statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonų plotis;

2. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis skirtingas. Aukštos kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnis, nei ekonominės kokybės progresinių lęšių galios kitimo zonos ilgis.

3. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia skirtinga. Ekonominė kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) didesnė, nei aukštos kokybės progresinių lęšių maksimalaus astigmatizmo galia;

4. Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad aukštos kokybės progresinių lęšių tolio, tarpinės, skaitymo zonų plotis ir galios kitimo zonos ilgis skiriasi nuo ekonominės klasės progresinių lęšių tolio, tarpinės ir skaitymo zonos pločio ir galios kitimo zonos ilgio.

5. Maksimalaus astigmatizmo galia didesnė ekonominės klasės lęšiuose.

6. Tarp aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių skirtingų ADD statistiškai patikimo skirtumo negauta. Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad tirti lęšiai atitinka gamintojo nurodytas progresinio lęšio savybes.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Bell, Gary. Optometry. Verifying and evaluating progressive addition lenses in clinical practice, April 2001, vol. 72, no. 4, p. 239-246.
2. Blendowske, Ralf, et al. Optometry and Vision Science. An Analytical Model Describing Aberrations in the Progression Corridor of Progressive Additio Lenses, September 2006, Vol. 83, no. 9, p. 666–671.
3. Darryl J. Meister, ABOM. Free-Form Surfacing Technology Makes Possible New Levels of Optical Sophistication for Spectacles. Refractive Eyecare for Ophthalmologists vol. 9, no. 6, June 2005.
4. Darryl Meister. Vision Care Product News. Fundamentals of Progressive Lens Design, September 2006, vol. 6, no. 9.
5. David R.Pope, Progressive addition lenses: history, design, wearer satisfaction and trends. OSA TOPS Vol 35, Vision science and its applications, 2000.
6. Ching-Yao Huang, Measurement and Comparison of Progressive Addition Lenses by Three Techniques 2psl.
7. Essilor. Ophthalmic optics files. Progressive addition lenses.
8. Essilor. Technical white paper on wearer power and double labelling. The power to the wearer. November 2009.
9. Fowler CW, Sullivan CM. Varifocal spectacle lens surface power measurement. Ophthal. Physiol Opt 1988;8:231–3.
10. Hitzeman SA, Myers CO. Comparison of the acceptance of progressive addition multifocal vs. a standard multifocal lens design. J Am Optom Assoc 1985;56:706–10.
11. Geun-Young Yoon and David R. Williams. Visual performance after correcting the monochromatic andchromatic aberrations of the eye. Vol. 19, No. 2/February 2002
12. Chromatinės ir sferinės aberacijos, distorsija. Prieiga prie interneto. Žiūrėta 2013 04 01
http://allphotolenses.com/articles/item/c_27.html
13. Kraštinės ir ašinės chromatinės aberacijos. Prieiga prie interneto. Žiūrėta 2013 04 01
http://www.opticampus.com/cecourse.php?url=chromatic_aberration/
14. Free – form technologija pagaminti lęšiai. Prieiga prie interneto. Žiūrėta 2013 02 01
http://www.iot.es/pdf/freeform_advantages.pdf

15. James E. Sheedy, Ewen King – Smith, et al. Progressive power lenses: the Minkwitz theorem. American Academy of Optometry; 2005; vol. 82, no. 10, p. 1 – 1.
16. J. L. Preston, Progressive addition spectacle lenses: design preferences and head movements while reading, Ph. D. dissertation (The Ohio State University, 1998).
17. Koma. Prieiga prie interneto. Žiūrėta 2013 04 02.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/coma.html>
18. Meister, D.; Fisher, S. Clinical and experimental optometry. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 2: Modern progressive lens technologies, 31 October 2007, vol. 91, no. 3, p. 251-264.
19. Meister, D.; Sheedy, J. Introduction to ophthalmic optics. San Diego, 2008.
20. Mo, J. University of Ulster, Progressive lenses Part 2 The new generation, 17 June 2005, p. 35-45.
21. Rosenblum WM, O'Leary DK, Blaker WJ. Computerized Moiré analysis of progressive addition lenses. Optom Vis Sci 1992;69:936–40.
22. Simonet P, Papineau Y, Gordon D. A scanning focimeter to measure peripheral lens powers. Ophthal. Physiol Opt 1983;3:305–10.
23. Sheedy JE, Jim, et al. Optometry, Progressive addition lenses—measurements and ratings, 2006, vol. 77, p. 23-39.
24. Sheedy JE, Buri M, Bailey I, Azus J, Borish IM. Optics of progressive addition lenses. Am J Optom Physiol Opt 1987;64:90–9.
25. Villegas EA, Artal P. Spatially resolved wavefront aberrations of ophthalmic progressive-power lenses in normal viewing conditions. Optom Vis Sci 2003;80:106–14.
26. Wittenberg S. Field study of a new progressive addition lens. J Am Optom Assoc 1978;49:1013–21.
27. Humphrey analyzer 330. Prieiga prie interneto. Žiūrėta 2013 04 05.
<http://www.dotmed.com/listing/lensometer/humphrey/lens-analyzer-330/1116374>
28. Heath DA, McCormack GL, Vaughan WH. Mapping of ophthalmic lens distortions with a pinhole camera. Am J Optom Physiol Opt 1987;64:731–3.
29. Skaitmeninis dioptrimetras. Prieiga prie interneto. Žiūrėta 2013 03 05.
http://www.berzuna.lt/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=18&Itemid=25&lang=lt

PRIEDAI

2 lentelė. Aukštos ir ekonominės kokybės progresinių lęšių matavimo rezultatai

Nr.	Receptūra	ADD	Lęšio rūšis	TZP(mm)	TARPZP (mm)	AZP (mm)	GKZI (mm)	MA (D)
1.	+2,00 -0,50 100	1,00	Varilux Comfort	30,5	7	17,5	22	2
2.	+1,75 -0,25 160	2,00	Varilux Comfort	20	5	9	22	1,75
3.	0,50	1,75	Varilux Comfort	22	5,5	10	22	1,75
4.	1,25	1,75	Varilux Comfort	19	5,5	8	22	2
5.	-6,50 -0,75 90	1,50	Varilux Comfort	25	6,5	12	22	2
6.	-5,00 -0,50 100	1,50	Varilux Comfort	27	7	12	22	1,75
7.	1,00	1,25	Varilux Comfort	30	7	14	22	1,5
8.	1,25	1,25	Varilux Comfort	30	7	15	22	1,5
9.	1,25	2,50	Varilux Comfort	19	4	6	22	2,5
10.	+1,00 -0,75 180	2,25	Varilux Comfort	26	4,5	9	22	2
11.	-6,25	1,50	Varilux Physio 360	37	8	20	20	1,5
12.	-5.50	1,50	Varilux Physio 360	40	9	22	20	1,5
13.	-5,00 -1,00 100	1,75	Varilux Physio	35	6	18	21	1,75
14.	-4,00 -1,25 180	1,50	Varilux Physio	37	7	18,5	21	1,75
15.	2	1,25	Varilux Physio	34	7,5	19	21	1,5
16.	2	2,00	Varilux expert	14	3	6	18	2,75
17.	+2,25 -1,00 10	2,25	Varilux expert	13	3	5,5	18	3,5
18.	+3,00 -1,50 90	1,75	Varilux expert	16	4	6,5	18	2,75
19.	3,50	1,50	Varilux expert	16,5	4,5	7	18	2,75
20.	-2,00	1,25	Varilux expert	17	4,5	7	18	2,5
21.	-3,50 -1,00 180	1,00	Varilux expert	15	5	8	18	2,25

22.	-4,00	2,25	Varilux elipse	14	3	5	16	3,5
23.	-3,50	1,00	Varilux elipse	16	4	6	16	2,5
24.	-2,50 -2,00 180	1,50	Varilux elipse	15	3,5	7	16	2,75
25.	1,75	1,25	Varilux elipse	17,5	5	7,5	16	2,25
26.	4,00	1,75	Varilux elipse	15,5	3,5	5,5	16	3
27.	3,50	2,00	Varilux elipse	14,5	3	5,5	16	3,25
28.	-1,00	2,25	Varilux liberty	14,5	3,5	5	18	2,75
29.	1,50	2,00	Varilux liberty	15	4	5,5	18	2,5
30.	1,75	1,50	Varilux liberty	16	4,5	6	18	2

3 lentelė. Tyrimo statistinis patikimumas

Vidurkis1	1,62		28,77	6,43	13,87	21,53	1,78
Vidurkis2	1,68		15,30	3,87	6,20	17,20	2,73
Standartinis nuokrypis1	0,40		6,93	1,35	5,18	0,74	0,28
Standartinis nuokrypis2	0,44		1,22	0,72	0,92	1,01	0,44
P1	>0.05		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
P2	>0.05		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Pearson koreliacija	-0,11		-0,16	-0,21	-0,63	0,23	-0,18