

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Robertas Jakavičius

**Multimodalinės informacijos atspindinčios akies tinklainės
fizines ir funkcines savybes vertinimas**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

prof. Algimantas Kriščiukaitis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**Multimodalinės informacijos atspindinčios akies
tinklainės fizinės ir funkcinės savybės vertinimas**

Baigiamasis magistro projektas
Biomedicininė inžinerija (621H16001)

Projektą atliko

Robertas Jakavičius

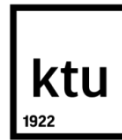
Vadovas

prof. Algimantas Kriščiukaitis

Recenzentas

prof. dr. Vytautas Dumbrava

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir Elektronikos

(Fakultetas)

Robertas Jakavičius

(Studento vardas, pavardė)

Biomedicininė inžinerija, 621H16001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Multimodalinės informacijos atspindinčios akies tinklainės fizinės ir funkcinės savybės
vertinimas

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 20 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Roberto Jakavičiaus baigiamasis projektas tema „Multimodalinės informacijos atspindinčios akies tinklainės fizinės ir funkcinės savybės vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Jakavičius Robertas. Multimodalinės informacijos atspindinčios akies tinklainės fizinės ir funkcinės savybės vertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Algimantas Kriščiukaitis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektronikos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 46 psl.

SANTRAUKA

Darbo tikslas: Sukurti metodiką multimodalinių akies fizinės ir funkcinės savybės atspindinčių duomenų kompleksiniam vertinimui ir apibendrintų patologijų klasifikacijos įverčių kūrimui.

Uždaviniai: 1. Ištirti lęšiuko drumstumo ir akies dugno vaizdų spalvinių savybių sąsajas. 2. Sukurti akies fizinės ir funkcinės savybės atspindinčių duomenų apjungimo metodiką. 3. Įvertinti kompleksinės multimodalinės informacijos vertinimo ir apibendrintų akių ligų klasifikavimo žymenų kūrimo galimybes.

Tyrimo objektas- multimodaliniai akies dugno vaizdai.

Metodika. Tyrimui buvo rinkti Lietuvos sveikatos mokslų universiteto vėjų Kauno Klinikų akių ligų klinikos 25 pacientų (moterų ir vyrų) duomenys. Tyrimui atlikti naudota akies dugno vaizdo fotografavimas, optinė koherentinė tomografija bei tinklainės jautrumo tyrimas. Viso tyrimo surinkti duomenys, kurie reprezentuoja multimodalinę informaciją, buvo sujungti penkiais sluoksniais dviejų dimensijų rinkiniu. Visi duomenys buvo pritaikyti vienas kitam, sekant tokiu principu, kad paprastas pikselis iš sudarytų duomenų reprezentuotų informaciją tame pačiame fiziniame tinklainės taške.

Rezultatai: Iš turimų duomenų pagal Fisher'io statistiką sudarytos trys kanoninės funkcijos, iš kurių pagal Wilk's Lambda kriterijų dvi kanoninės funkcijos parodė aukščiausias statistines reikšmes. Pirma ir antra kanoninė funkcija yra rekomenduojama akių ligų klasifikavimui.

Išvados: Ištyrus akies lęšiuko drumstumo poveikį, pastebėta kad lęšio drumstumas turi tendencija keisti spalvinės gamos pasikeitimus akių dugno vaizdui. Įvertinus multimodalinės informacijos sudedamųjų dalių svorį, pastebėta, kad akių dugno vaizdo žalia ir raudona spalvos bei tinklainės jautrumas ir storis yra reikšmingi akių ligų klasifikavimui. Šiuo metu turima riboto dydžio imtis, nėra pakankama sukurti realią klinikinę reikšmę turinčią požymių sistemą ligų klasifikacijai, tačiau tai yra daugiamatės analizės principo iliustracija, kuriuo tikimės kurti požymių sistemas daugelio ligų klasifikavimui.

Raktiniai žodžiai: multimodalinė informacija, akis, fizikinės ir funkcinės savybės.

Jakavičius Robertas., Assesment of multimodal information reflecting physical and functional properties of retina, final master thesis / research supervisor prof. Algimantas Kriščiukaitis; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electronic engineering.

Kaunas, 2015. 46 psl.

SUMMARY

Research purpose - Create multi-modal methodology eye physical and functional properties of complex underlying data evaluation and classification of estimates generalized pathology building.

Research tasks: 1. Investigate the lens opacities and fundus image color characteristics of interfaces. 2. Create eye physical and functional properties of underlying data aggregation methodologies. 3. Assess the complex multimodal information and aggregate assessment of eye diseases classification markings opportunities.

Research object – Multimodal fundus images.

Methodology. The study was to collect Lithuanian University of Health Sciences Kaunas Clinics Public Eye Clinic 25 patients (women and men) data. A study carried out used fundus video shooting, optical coherence tomography and retinal sensitivity test. Total survey to collect data that represent multimodal information was to combine five layers of two-dimensional set. All data have been adapted to each other, following this principle, that a simple form of pixel data represent information on the same physical point in the retina.

Results: Available data according to Fisher's statistics created three canonical function, which according to Wilk's Lambda criterion two canonical functions showed the highest statistical values. The first and second canonical function is recommended for the eye disease classification.

Conclusions: Examination of the eye lens turbidity, effects, observed that the opacity of the lens has a tendency to change the eye colour gamut changes in the bottom of the image. The evaluation of multimodal information components weight, noticed that the bottom of the eye image of green and red colours and retinal sensitivity and thickness are important for eye diseases classification. There is a limited amount of time available to take, is not enough to create a real clinical significance signs of disease classification system, but it is an illustration of the principle of multidimensional analysis which we hope to develop symptoms of many diseases classification systems.

Keywords: multimodal information, eye, physical and functional properties.

TURINYS

IVADAS.....	8
1 REGOS SISTEMA.....	9
1.1 Akies sandara	9
1.2 Akies tinklainė fizikinės ir funkcinės savybės	10
1.3 Tinklainė ir jos savybė matyti	13
1.4 Vaizdo apdorojimas tinklainėje, regėjimo aštrumas, trimatis vaizdas	14
1.5 Centrinis ir periferinis matymas.....	15
2 TINKLAINĖS LIGŲ CHARAKTERISTIKA	16
2.1 Amžinė geltonosios dėmės degeneracija.....	16
2.1. Geltonosios dėmės degeneracija, jos rūšys.....	17
2.2 Geltonosios dėmės paburkimas.....	19
2.3 Glaukoma	20
3 AKIES TINKLAINĖS TYRIMAS.....	22
3.1 Optinės koherentinės tomografijos tyrimas.....	23
3.2 Oftalmoskopijos tyrimas	25
3.3 Kompiuterinis akių tinklainės tyrimas	26
3.4 Pagrindiniai Maiklo interferometrijos principai ir metodika norint aptikti ir valdyti akies tinklainės ligą ir glaukomą taikant optinę koherentinę tomografiją	27
3.5 Akies tinklainės nervo pluošto stormens atkuriamumo nustatymo metodai ir technika naudojant OCT Stratus normalioje ir glaukomos būsenos akyje	28
3.6 Geltonosios dėmės stormens matavimo metodai sveikoje akyje naudojant šešis skirtingus optinės koherentinės tomografijos instrumentus.....	29
3.7 RGB spalvinė erdvė	30
3.8 Fundus kameros vaizdo apdorojimas	30
3.9 OCT storių apdorojimas	31
3.10 Akies tinklainės jautrumo duomenų apdorojimas.....	32
3.11 Statistinių duomenų skaičiavimas	32

3.12	Diskriminantinė analizė.....	33
4	REZULTATAI	34
4.1	Lęšiuko drumstumo įtakos įvertinimas akies dugno vaizdo gavimui	34
4.2	Statistiniai rezultatai.....	40
5	IŠVADOS.....	43
6	LITERATŪROS SARAŠAS.....	44

IVADAS

Šiomis dienomis dėl įtempto gyvenimo tempo, streso nuovargio vis dažniau ir sparčiau atsiranda ir vystosi įvairios akių ligos. Daugėjant pacientų skaičiui gydytojams ir kitiems medicinos darbuotojams vis sunkiau yra įvertinti pacientų būklę, dėl šios priežasties dažnai atsitinka taip kad gydytojais nepastebi tokių sunkių ligų kaip glaukoma ar geltonosios dėmės degeneracijos. Nepaisant to, šiuolaikiniai mokslo laimėjai iš ties stebina pasaulį. Taigi, norint išvengti tokių liūdnų pasekmių kaip netinkamas ligos nustatymas ar laiku jos nediagnozavimas, reikia pasitelkti į pagalbą kuo daugiau naujų technologijų, kurios parodo daugiau informacijos apie akies dugną.

Optinė koheretinė tomografija – tai puikus šiuolaikinio mokslo tyrimo metodas, kuris leidžia aptikti akies tinklainės ligas, akies tinklainės nervo pluošto stormenį ar net glaukomą. Tai yra mokslo įrodytas tyrimo metodas, kuris yra naudingas vertinant akies tinklainės ligas, dėl savo gebėjimo atkurti tinklainės vaizdus ir taip pat parodyti kiekybinę akies tinklainės morfologijos analizę. Glaukomos atveju ši tomografija parodo vieną iš metodų, kuris gali dokumentuoti ir analizuoti optinį diską bei diagnozuoti glaukomos būsenas.[11]

Dar vienas šiuolaikinių technologijų laimėjimas tai oftalmoskopas. Oftalmoskopija padeda nustatyti regos nervo bei tinklainės ir gyslainės ligas, kraujotakos sutrikimus, auglius, kurie galėjo pabloginti regėjimą. Be to, šis unikalus prietaisas leidžia ištirti akies dugną, taip nustatyti įvairias akies ligas ir bendrą žmogaus būklę. [11]

Norint nustatyti akies tinklainės jautrumą yra naudojamas akies tinklainės jautrumo tyrimas. Šiuo metodu galima nustatyti akies tinklainės jautrumą ir tokiu būdu nustatyti, kuri akies tinklainės zona yra pažeista.

Taigi, žinant ir gilinantis į šiuos paminėtus tyrimus galima pasiekti puikių rezultatų pacientų tyrimų metodikoje bei išgauti kuo daugiau naudingos informacijos apie akies tinklainės fizikines savybes, dėl kurių atsiranda ligos.

Darbo tikslas: Sukurti metodiką multimodalinių akies fizines ir funkcines savybes atspindinčių duomenų kompleksiniam vertinimui ir apibendrintų patologijų klasifikacijos įverčių kūrimui.

Uždaviniai:

1. Ištirti lęšiuko drumstumo ir akies dugno vaizdų spalvinių savybių sąsajas.
2. Sukurti akies fizines ir funkcines savybes atspindinčių duomenų apjungimo metodiką.
3. Įvertinti kompleksinės multimodalinės informacijos vertinimo ir apibendrintų akių ligų klasifikavimo žymenų kūrimo galimybes.

1 REGOS SISTEMA

Regos sistemą sudaro akis ir jai priklausantys ryšiai, kurie kartu su akimi sudaro regos organą. Regos organas yra svarbus tuo, nes turi savybę suteikti žmogui labai jautrų ir platų erdvinį arba kitaip dar vadinamą trimatį aplinkos suvokimą. Aplinkos suvokimo dirgiklis yra šviesos fotonai, kuriuos optinė sistema fokusuoja į abiejų akių tinklainę, o foto receptoriai paverčia elektriniais signalais. Akių ir galvos judesiai kartu su elektriniais signalais išplečia greitai suvokiamos aplinkos vaizdą.

Suaugusiųjų žmonių akies obuolio skersmuo yra apie 24mm, o svoris – apie 7,5g bei tūris – apie 6,5 cm³. [13]

1.1 Akies sandara

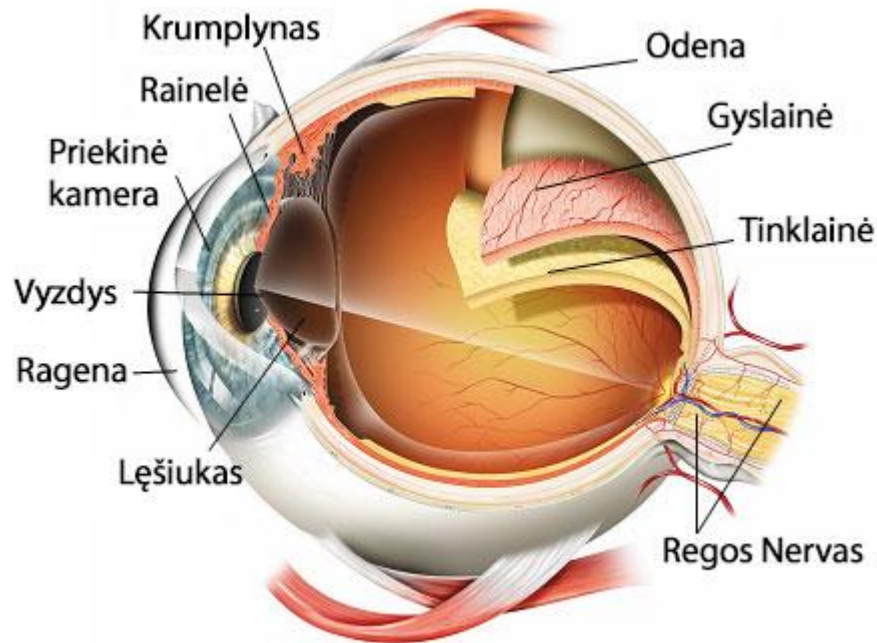
Akis sudaryta iš akies obuolio ir priedinių akies organų: išorinių akies obuolio raumenų, akiduobės fascijos, antakių, vokų, junginės ir ašarų aparato. Akies obuolys yra priekinėje akiduobės dalyje, kurios kaulinės sienos iš dalies apsaugo jį nuo sužalojimų. Kiekviena akis turi po šešis akių raumenis: keturis tiesiuosius ir du skersaruožius, kurių dėka ji gali sukrotis visomis kryptimis arba susikoncentruoti ties centriniu tašku.

Akis yra sudaryta iš išorinės ir vidinės dalies. Išorinę akies dalį sudaro skaidulinis dangalas. Šis sudarytas iš ragenos ir odenos. Odena supa akies obuolį ir palaiko jo formą. Priekinę odenos dalį dengia junginė, kuri pereina į permatomą rageną. Ragenai labiausiai išgaubta priekinė skaidri skaidulinio dangalo dalis. Ragenai laužia šviesos spindulius ir yra labai jautri, nes turi daugiausiai receptorių, bet koks dirgiklis gali sukelti didelį skausmą. Tarp išorinės ir vidinės dalies yra kraujagyslinis dangalas, kurį sudaro gyslinė, rainelė ir krumplynas. Kraujagyslinis dangalas pereina į gyslainę, kuri jau yra vidinėje akies dalyje. Joje yra kraujo indai, aprūpinantys akį krauju bei deguonimi. Prie priekinės gyslainės dalies prisijungia krumplynas arba krumplyninis raumuo su lęšiuko pasaitėliais bei rainele. Rainelė reguliuoja šviesos srautą, patenkantį į akį ir nepatenkantį. Jos centre yra vyzdys, Rainelei spalvą suteikia pigmentas, jam padidėjus akies spalva keičiasi. Kartu su vyzdžiu rainelė reguliuoja į akį patenkančios šviesos kiekį. Šis procesas yra nepaprastai sudėtingas ir vadinamas akies adaptacija.

Akies obuolio vidinį dangalą sudaro tinklainė. Ši turi šviesai jautrias nervines ląsteles – stiebelius ir kūgelių, kurie regėjimo signalus perduoda į smegenų regos centrą. Stiebeliai ir kūgeliai kitaip vadinami nervinio audinio elementais sudarantys tinklainę.

Tarp ragenos ir rainelės yra priekinė kamera, kuri užpildyta skaidriu akies skysčiu. Už rainelės prieš lęšiuką yra užpakalinė kamera, kuriame taip pat yra pripildyta bespalvio skysčio.

Lęšiuką sudaro skaidrios skaidulos, kuris laužia ir sintezuoja šviesos spindulius. Stiklakūnis pripildo likusią akies obuolio dalį. Šis neturi nei kraujagyslių, nei nervų. Tai, skaidri, bespalvė, drebučių konsistencijos masė, praleidžianti į akį patenkančius šviesos spindulius ir laikanti akies obuolio vidinius apvalkalus. Akies geltonoji dėmė yra atsakinga už aštrų ir visapusišką regėjimą.[12]



Pav. 1 Akies sandara

1.2 Akies tinklainė fizikinės ir funkcinės savybės

Akies tinklainė yra prisitvirtinusi laisvai pigmentiniu epitelium prie gyslainės. Svarbu žinoti, kad ji sąlyginai skirstoma į du atskirus sluoksnius:

1. neurosensorinį sluoksnį;
2. tinklainės pigmentinį epitelį.

Tinklaine išklajusi akies vidinį paviršių nuo regos nervo disko iki dantytosios linijos šioje vietoje pigmentinis epitelis eina į krumplyno bei rainelės pigmentinį epitelį, o neurosensorinis sluoksnis tęsiasi kaip krumplyno ir rainelės nepigmentinis epitelis. Ties regos nervo disku baigiasi visi tinklainės sluoksniai, išskyrus nervinių skaidulų sluoksnį, kurio skaidulos ir sudaro regos nervą.

Tinklainės storiausia dalis yra ties regos nervo disku (0,56 mm). Į periferiją, tinklainė išplonėja, ties ekvatoriumi jos storis 0,18mm, o ties dantytąją liniją – 0,1 mm.

Tinklainės periferija skirstoma į keturias sritis:

1. artimoji periferija – tai apie 1,5 mm pločio sritis, supanti centrinę tinklainės dalį. Šioje zonoje yra apie 9 – 10 kūgelių/100mkm².

2. vidurinioji periferija – tai 3 mm pločio sritis aplink artimąją periferiją. Kūgelių skaičius šioje srityje yra $8 - 10/100\text{mkm}^2$

3. tolimoji periferija – tęsiasi 9 – 10 mm nuo vidurinėsios periferijos smilkinio pusėje ir 16 mm nosies pusėje. Čia yra tik 6 – 7 kūgeliai 100 mkm^2 ir turi trumpesnius išorinius segmentus;

4. dantytoji linija - yra 2 mm pločio smilkinio pusėje 0,7 – 0,8 pločio nosies pusėje. Šioje dalyje silpnai išsivystę kūgeliai pakeičia stiebelius. Kūgelių, anglinių ląstelių ir nervinių skaidulų sluoksniai susilieja ir išnyksta apie 0,5 mm prieš dantytąją liniją.

Dantytoji linija yra apie 6 – 7 mm nuo korneoskleralinės jungties, kur tinklainė suformuoja dantis primenančias ataugas.

Centrinė tinklainės sritis apytiksliai yra 5 – 6 mm skersmens.

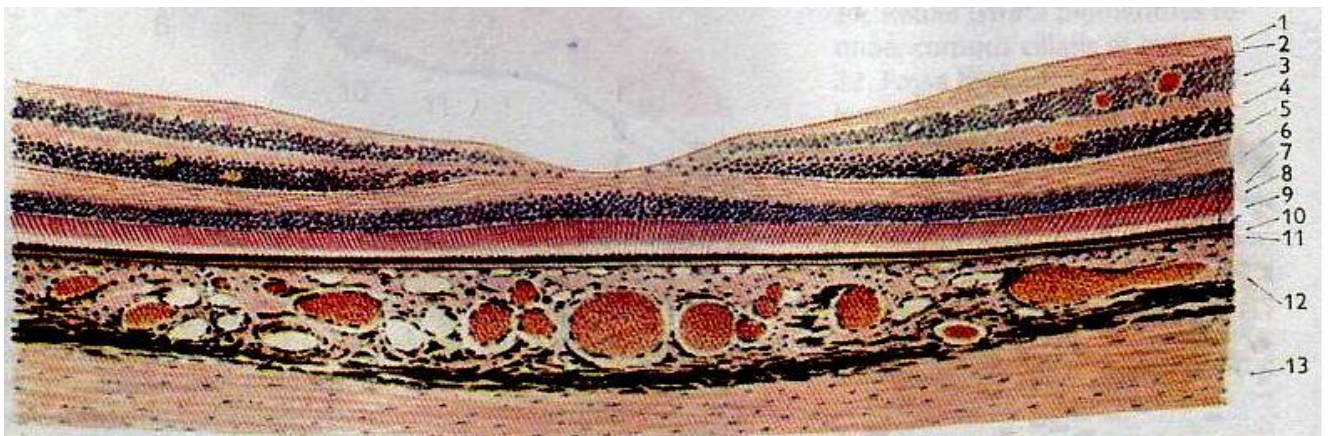
Geltonoji dėmė yra geltonos spalvos pailgos formos 5,5 mm sritis, jos spalvą nulemia citoplazminiai intarpai, kurie yra bipolinėse ląstelėse.

Regos nervo diskas yra šiek tiek nutolęs į nosies pusę nuo užpakalinio poliaus. Jo kraštas lokalizuojasi $3,42 \pm 0,34$ mm nuo geltonosios dėmės centro. Paties disko vertikalus skersmuo yra $1,86 \pm 0,21$ mm, o horizontalus – $1,75 \pm 0,19$ mm.

Tinklainė turi dešimt sluoksnių:

1. tinklainės pigmentinis sluoksnis yra išorinis tinklainės sluoksnis – tai viensluoksnis epitelis, kuris tęsiasi nuo regos nervo disko iki dantytosios linijos. Vienoje akyje yra $4,2 - 6,1$ mkln tokių ląstelių;
2. kūgelių ir stiebelių sluoksnis yra giliau po pigmentinio epitelio sluoksniu. Tinklainėje yra apie 110 – 125 mkln. Stiebelių ir $6,3 - 6,8$ mkln. kūgelių. Didžiausias kūgelių tankis yra geltonosios dėmės centro srityje – $147300/\text{mm}^2$. Apie 10° į šalį nuo geltonosios dėmės kūgelių staiga sumažėja iki $5000/\text{mm}^2$.
3. išorinė skiriančioji membrana yra plona akyta, besitęsianti iki regos nervo disko, kur baigiasi kartu su foto receptorių segmentais. Ji susiformavusi iš stiebelių bei kūgelių membranos ataugų, besijungiančių su Muller Müller ląstelėmis.
4. išorinis branduolinis sluoksnis sudarytas iš kūgelių bei stiebelių ląstelių kūnų. Ties nosiniu regos nervo kraštu šis sluoksnis 45 mkm storio ir sudarytas iš 8 – 9 branduolių eilių. Link periferijos šis sluoksnis mažėja.
5. išorinis tinklinis sluoksnis yra už geltonosios dėmės yra 2 mkm storio. Jis sudarytas iš nervinių skaidulų jungiančių receptorių su pirmuoju neuronu. Čia susidaro platus tinklas iš nervinių ataugų. Išorinio tinklinio sluoksnio storis ties smilkininiu disko kraštu yra 10 mkm .

6. vidinis branduolinis sluoksnis sudarytas iš horizontalių Müller, amakrininių ir bipolinių ląstelių. Bipolinės ląstelės – tai pirmasis fotoreceptorių neuronas. Müller ląstelės atlieka atraminę bei maitinimo funkcijas.
7. vidinis tinklinis sluoksnis sudarytas iš aksominių skaidulų, jungiančių pirmąjį neuroną su anglinėmis ląstelėmis – tai sinapsių tarp bipolinių, amakrininių ir anglinių ląstelių sluoksnis.
8. ganglinių ląstelių sluoksnis sudarytas iš antrojo neuro ląstelių kūnų. Jis yra 10 – 20 mkm storio ir išsidėstęs vienu branduolių sluoksniu.
9. nervinių skaidulų sluoksnis sudarytas iš visų tinklainės ganglinių ląstelių aksomų, kurie eina link regos nervo. Nervinių skaidulų sluoksnyje yra centrinės tinklainės arterijos bei venos sistema. Šis sluoksnis (20 – 30 mkm) yra apie regos nervą, o link periferijos plonėja. Skaidulos nosies pusės tinklainės dalyje išsidėsčiusios įstrižai, o smilkinio pusėje – lanku gaubia geltonąją dėmę iš viršaus ir apačios.
10. vidinė skiriančioji membrana – giliausias tinklainės sluoksnis. Ji yra 1 – 2 mkm storio, sudaryta iš Muller Müller ląstelių ataugų ir nedaug glijų ląstelių ataugų. Šių ataugų bazinė membrana yra 0,5 mkm storio. Likusią membranos dalį sudaro mukopolisacharidai bei stiklakūnio fibrilės.



Pav. 2 Tinklainės sluoksniai geltonosios dėmės srityje 1. Membrana limitans interna; 2. Nervinių skaidulų sluoksnis; 3. Ganglinių ląstelių sluoksnis; 4. Vidinis tinklinis sluoksnis; 5. Vidinis branduolinis sluoksnis; 6. Išorinis tinklinis sluoksnis; 7. Išorinis branduolinis sluoksnis; 8. Membrana limitans externa; 9. Kūgelio sluoksnis; 10. Pigmentinis epitelis; 11. Bruch'o membrana; 12. Gyslainė; 13. Odena.

Tinklainė krauju aprūpinama dviem būdais.

Pirmasis: gyslainės choriokapiliarai maitina tinklainės sluoksnius nuo pigmentinio epitelio iki vidinio branduolinio sluoksnio.

Antrasis: centrinės tinklainės arterijos baseinas maitina visus likusius vidinius tinklainės sluoksnius. Centrinę tinklainės kraujagyslių sistemą sudaro tinklainės arterija ir tinklainės vena. Per 15 mm nuo akies obuolio šios abi centrinės tinklainės kraujagyslių sistemą įsiskverbios į

regos nervą, eina jo viduriu nesišakodamos. Patekusios į akies obuolį, jos pradeda dichotomiškai šakotis. Jos pirmiausia skyla į viršutinę ir apatinę šakas, kur toliau kiekviena iš jų dar skyla į smilkininę ir nosinę šakas. Kiekviena iš šių šakų aprūpina vieną tinklainės kvadrantą. Tinklainės arterijos tarpusavyje nesianastomozija. Dažnai arterija su vena būna susikryžiusios. Pačios kraujagyslės yra nervinių skaidulų sluoksnyje. Kartais nuo rezginio, maitinančio regos nervo diską, atsišakoja papildoma arterija, maitinanti geltonosios dėmės sritį. Pačią tinklainę krauju aprūpina centrinė tinklainės arterija ir vena bei gyslainės kraujagyslės. Tinklainės kraujagyslės įeina į akies obuolį ir iš jo išeina per regos nervo skaidulų sluoksnį. Didžiausia arterijos ir venos šaka krauju aprūpina kiekvieną tinklainės ketvirtį.

Tinklainės ir kraujo barjeras, sudarytas iš siaurų jungčių tarp tinklainės kraujagyslių endotelio ląstelių ir tinklainės pigmento ląstelių, izoliuoja tinklainę nuo sisteminės cirkuliacijos. [3]

1.3 Tinklainė ir jos savybė matyti

Tinklainė turi savybę paversti šviesos impulsą nerviniu impulsu. Ją sudaro neurosensorinė tinklainės dalis bei tinklainės pigmentinis epitelis. Šviesa turi praeiti pro tinklainės vidinius sluoksnius, kad pasiektų fotoreceptorius bei stiebelius ir kūgelius, kurie šviesos energiją paverčia elektriniu impulsu. Bipolinės ląstelės priima ir perduoda elektrinius signalus ganglijinėms ląstelėms, kurių aksomai driekiasi per visą tinklainės paviršių ir sudaro regos nervą.

Tinklainės vieta, nuo kurios priklauso centrinis matymas, vadinama geltonąja dėme. Jos centre yra duobutė, ji svarbi tuo, kad nuo jos priklauso aukštos kokybės centrinis regėjimas, o nuo likusios tinklainės dalies – periferinis matymas.

Kūgeliai yra išsidėstę tinklainės geltonojoje dėmėje, jie reguliuoja regėjimo aštrumą bei spalvų jutimą. Stiebeliai, nuo kurių priklauso matymas tamsoje ir judesių sekimas, išsidėstę visoje tinklainėje. Fotoreceptoriai sudaryti iš pigmentų, į kurių sudėtį įeina vitaminai ir baltymai. Sugerta šviesa sukelia šių pigmentų struktūrinius ir cheminius pokyčius, kurie lemia elektrinę fotoreceptorių hiperpoliarizaciją.

Virš neurosensorinio tinklainės sluoksnio išsidėstęs tinklainės pigmentinis epitelis, kuris sudarytas iš vienu sluoksniu išsidėsčiusių pigmentinių ląstelių bei svarbių fotoreceptorių fiziologijai. Susilpnėjusi tinklainės pigmentinio epitelio funkcija, atsiradusi su amžiumi, sergant įvairiomis ligomis, gali sukelti tinklainės ir regėjimo funkcijos sutrikimą. [3]

1.4 Vaizdo apdorojimas tinklainėje, regėjimo aštrumas, trimatis vaizdas

Procesas, kurio metu smegenys suvokia vaizdą yra sudėtinis. Smegenys suvokti vaizdą pradeda tinklainėje, kai šviesos impulsai yra paverčiami elektriniais impulsais. Tinklainės viduje į šviesą reaguoja jautrūs pigmentai, kurie sudaryti iš retinolio bei baltymo opsino. Sugerta šviesa sukelia struktūrinius retinolio pokyčius, kurie nulemia cheminius opsino pokyčius. Pakinta jonų kanalai, esantys fotoreceptorių ląstelių membranose, ir ląstelės tampa hiperpoliarizuotos. Stiebelių fotoreceptoriai sudaryti iš rodopsino, kuris reaguoja į 505 nm ilgio šviesos bangas. Veikiant tokio ilgio bangoms, akis jautriausia prietemoje. Yra trijų rūšių fotoreceptoriai: kiekvienas sudarytas iš pigmento, kuris yra maksimaliai jautrus mėlynai, žaliai ar raudonai spalvai. Tai yra spalvinio regėjimo pagrindas.

Prisitaikymas matyti tam tikroje šviesoje yra svarbus fiziologinis procesas žmogui. Prisitaikyti matyti tamsoje trunka kelias minutes ir reikalauja regos pigmentų, ypač esančių stiebeliuose.

Tinklainėje vyksta keletas elementarių vaizdo apdorojimo procesų, atsižvelgiant į spalvą, judesius ir padėtį, kurie priklauso nuo dviejų fotoreceptorių tipų, kūgelių koncentracijos geltonojoje dėmėje ir tinklainės specifinių jungiamųjų neuronų.

Tolesni vaizdo apdorojimo procesai vyksta galvos smegenyse, išoriniame keliniam kūne bei žieviniam regėjimo centre. Apatinės momens sritys yra svarbios pažinimui, orientacijai ir judesiams, pavyzdžiui, skaitymui, rašymui ir pakartojimui.

Regėjimo takuose yra išlaikomas matomo vaizdo topografinis atvaizdas, todėl jų pažeidimai pasireiškia būdingais lauko pakitimais.

Regėjimo aštrumas – tai akies gebėjimas matyti du greta esančius daiktus kaip atskirus. Mažiausias atstumas tarp objektų, kai juos matome kaip du atskirus, lygus vienai žiūros kampo minutei. Dėl netolygaus kūgelių išsidėstymo tinklainėje regos aštrumas atskirose jos zonose yra skirtingas. Didžiausias regėjimo aštrumas yra centrinėje geltonosios dėmės duobutėje, o jau per 10 kampinių laipsnių nuo jos jis lygus 0,2 ir link periferijos vis mažėja. Centrinio matymo aštrumas su amžiumi kinta. Naujagimio jis yra labai mažas. Formų matymas susiformuoja nusistovėjus pastoviai centrinei fiksacijai. Normalus regos aštrumas tampa 5 – 15 žmogaus gyvenimo metais. Organizmui senstant, regos aštrumas palaipsniui mažėja.

Trimatis vaizdas – susiformuoja todėl, kad abi akys yra atskirai, ir kiekviena iš jų mato tą patį objektą iš kiek skirtingos perspektyvos. Abi akys turi gerai matyti, nors vaizdo suvokimas nepriklauso tik nuo dviejų reginčių akių.[3]

1.5 Centrinis ir periferinis matymas

Tai, kad tinklainėje yra dviejų rūšių fotoreceptoriai – stiebeliai ir kūgeliai, nulemia skirtingą pojūtį tinklainės centre ir jos periferijoje, dėl šios priežasties skiriamas centrinis ir periferinis matymas. Centrinio matymo kokybės rodmenys yra regos aštrumas ir spalvų skyrimas, periferinio – akiplotis.

Centrinis matymas. Norint atpažinti įvairius daiktus, juos reikia išskirti iš aplinkos pagal šviesumą arba spalvą bei atskirti jų detales. Kuo mažesnės detalės išskiriamos, tuo geresnis regos aštrumas. Akiai stebint objektą, iš matomo objekto kraštinių taškų einantys spinduliai ir akies mazginis taškas sudaro kampą, kuris vadinamas žiūros kampu. Svarbu žinoti, kad regos aštrumas atvirkščiai proporcingas žiūros kampo dydžiui.

Normalus regos aštrumo standartas yra laikomas 1,0, tačiau šis rodmuo ne riba, jis tik rodo žemutinę normos ribą. Kai kurių žmonių regos aštrumas yra 1,5, 2,0, 3,0 ir daugiau.

Skiriamoji geba priklauso nuo daug sudėtingesnių mechanizmų, sudarančių tinklainės neuroninių ryšių, receptorinių laukų kategorijas. Skiriamos gebos ribą galima paaiškinti taip: vienos minutės žiūros kampas atitinka 0,004 nm tinklainės linijinį dydį, o tai lygu vieno kūgelio skersmeniui. Atskirai matyti du taškus galima tik tada, kai tarp dviejų dirginamų kūgelių įsiterpęs vienas nedirginamas.

Centrinis matymas užtikrina žmogui galimybę tiksliai detaliai matyti apžiūrimą objektą.

Periferinis matymas. Periferinį matymą apibūdina akiplotis bei jo bendrasis plotas, vientisumas.

Visas tinklainės paviršius, kuriame išsidėsčiusios receptorinės ląstelės, yra pirmoji anatominė struktūra, nulemianti akiplotį. Visas plotas, kurį vienu metu mato akis, stebėdama nejudančių žvilgsniu ir tiriamajam nesukiojant galvos, nustatytą tašką erdvėje, ir sudaro tos akies akiplotį. Reikia skirti akiplotį nuo žvilgsnio ploto, kuris apima visus erdvėje matomus taškus judant akiai, bet nejudant galvai, be to, žvilgsnio plotas didesnis už akiplotį. Akiplotis yra statinis, nulemtas regos – optinės dalies, žvilgsnio laukas – dinamiškas ir priklauso dar ir nuo akies judinamojo aparato.

Periferinis matymas skiriasi nuo centrinio tuo, kad esant centriniam – objektai, sudarantys tinklainėje vaizdą, lygų 1,2 kampo laipsniams ir projektuojami į tinklainės centrą centrinės duobutės ribose, matomi centriniame regėjimo lauke. O objektai, kurių atvaizdai projektuojami ne šioje srityje, matomi periferiniame regėjimo lauke.

Periferinis matymas padeda orientuotis erdvėje.[3]

2 TINKLAINĖS LIGŲ CHARAKTERISTIKA

Tinklainės patologija labai įvairi, nes pažeista gali būti tinklainė ir jos kraujagyslės. Išskiriamos kelios tinklainės ligų grupės:

- apytakiniai tinklainės pakitimai. Jiems būdingi kraujagyslių ir tinklainės audinio pažeidimai.
- Distrofiniai degeneraciniai tinklainės pakitimai (tinklainės atšoka);
- Tinklainės anomalijos;
- Navikai.

Dažniausiai pasitaikantis nusiskundimas esant tinklainės ar jos kraujagyslių patologijai yra matomumo pablogėjimas. Tai dažniausiai susiję su centriniu matymu priklausomai nuo patologinio proceso vietos ir įvairių akipločio pakitimų (susiaurėjimai, atskirų akipločio plotų iškritimų). Rega dažniausiai sutrinka esant tinklainės geltonosios dėmės patologijai. [3]

2.1 *Amžinė geltonosios dėmės degeneracija*

Su amžiumi susijusi geltonosios dėmės degeneracija (AMD)- metams bėgant pasireiškianti lėtinė tinklainės geltonosios dėmės (makulos) degeneracinė liga, kuri dažnai sukelia regėjimo sutrikimus. Ilgėjant gyvenimo trukmei, liga vis labiau plinta populiacijoje ir dabar yra pagrindinė aklumo priežastis išsivysčiusiose šalyse. Tai tinklainės geltonosios dėmės dalies liga, dažniausiai kliniškai pasireiškianti vyresniems nei 50 metų asmenims didelėmis. Liga pasireiškia minkštomis drūzomis ir tinklainės pigmentinio epitelio (TPE) pigmentacijos sutrikimais. Svarbūs simptomai: apakimas, vaizdo liejimasis, regėjimo sutrikimai, matomas neryškus vaizdas.

Klinikinių požymių eiga priklauso nuo ligos formos ir pažeidimų vietos. Amžinė geltonosios dėmės degeneracija skirstoma į ankstyvąją ir vėlyvąją. Esant ankstyvajai ligos stadijai nustatomi smulkūs, apvalūs, šviesiai gelsvi židininiai pakitimai – minkštos drūzos, vėliau židiniai didėja, susilieja, sutrinka tinklainės pigmentacija. Vėlyvajai AGDD būdingos dvi formos: sausoji (atrofinė) ir eksudacinė (neovaskulinė). Atrofinės ligos formos atvejais pažeidžiami gyslainės kapiliarai, pigmentinis tinklainės epitelis, foto receptoriai, nustatomi pigmentacijos pokyčiai, tinklainės pigmentinio epitelio atrofija. Eksudacinė, degeneracija ženkliai sunkesnė ir net gali sukelti aklumą. Naujadarės gyslainės kraujagyslės auga po tinklaine ir tarp tinklainės sluoksnių. Gali būti pigmentinio tinklainės epitelio atšokimas, kraujosruvos sukeliantys negrįžtamą regėjimo praradimą. Ankstyvosios AGDD metu dažnai pacientai neturi nusiskundimų. Eksudacinės, degeneracijos atvejais regėjimo netenkama greičiau, ligonis mato ženkliai mažiau nei sergantieji atrofine AGDD.

Norint diagnozuoti tinklainės pakitimus yra daromos tinklainės angiogramos. Dabar sergantiesiems eksudacine AGDD atliekami klinikiniai tyrimai, taikant kraujagyslių endotelio augimo faktorių receptorių antagonistus, endogeninius angiogenezės inhibitorius, integrinų antagonistus. Tikimasi, kad nauji gydymo metodai padės užkirsti kelią patologinei angiogenezei bei apsaugoti nuo AGDD požymių progresavimo. [5][3]

2.1. Geltonosios dėmės degeneracija, jos rūšys

Klinikiniai simptomai:

- Centrinio matymo pablogėjimas;
- Centrinė skotoma;
- Metamorfopsija – objektai atrodo netaisyklingi, linijos iškraipytos;
- Mikropsija – dėl tinklainės paburkimo objektai atrodo mažesni;
- Makropsija – dėl kolbelių suspaudimo, tinklainės paburkimo, eksudacijos objektai atrodo didesni.

Senatvinė (eksudacinė) geltonosios dėmės degeneracija

Ligos sunkumą nulemia centrinė proceso lokalizacija. Beveik visada pažeidžiamos abi akys, tik procesas abejose akyse gali būti skirtingo laipsnio. Kartais prasideda iš karto abejose akyse, kartais – vienoje akyje, o po to pakitimai atsiranda ir antroje akyje.

Etiologija. Genetiniai faktoriai, tai yra autonominis dominantinis paveldėjimo tipas, šviesos energija, medžiagų apykaitos pakitimai, uždegiminis procesas akyse, tačiau dažniausiai priežastys nebūna visiškai aiškios.

Patogenezę. Degeneraciniai pakitimai centrinėse tinklainės dalyse pasireiškia drūzų atsiradimu. Drūzps – tai koloidinės medžiagos sankaupos, panašios į hialiną. Jų susikaupia tarp Brucho membranos ir pigmentinio epitelio. Drūzos paprastai būna dviejų rūšių – kietos ir minkštos. Kietos – gali sukelti pigmentinio epitelio ir choriokapiliarinio sluoksnio atrofiją. Minkštos – gali susilieti ir sukelti eksudacinę pigmentinio epitelio, o vėliau, procesui progresuojant, ir neuroepitelio atšoką. Procesui progresuojant, įauga naujos kraujagyslės, kurios sąlygoja proceso virtimą eksudacine hemoragine stadija. Dėl to gali įvykti eksudato ir kraujosruvų rezorbcija ir susidaryti fibrozinis jungiamasis audinys.

Klinika. Pradiniai geltonosios dėmės pokyčiai:

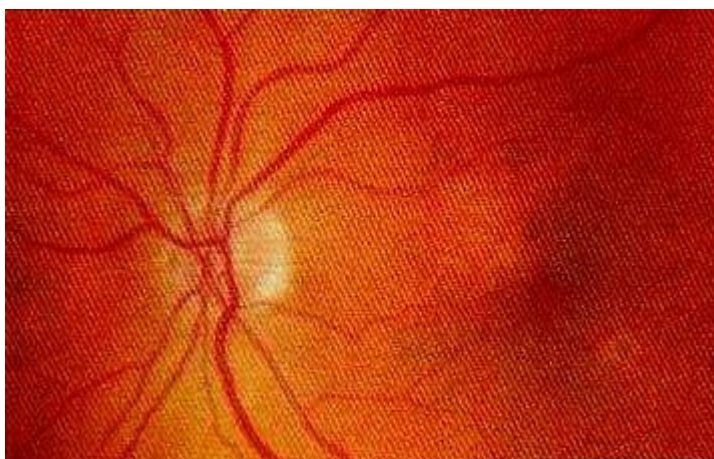
- Atsiranda drūzų;
- Pagausėjusio pigmento plotai ir hiperpigmentacija.
- Riboti depigmentacijos ir hipopigmentacijos plotai.

Yra dvi senatvinės geltonosios dėmės degeneracijos formos: neeksudacinė (sausą) ir eksudacinė (serozinė) degeneracijos.



Pav. 3 Eksudacinė geltonosios dėmės degeneracija

Neeksudacinė - sausa degeneracija. Iš pradžių atsiranda drūzų abiejose akyse, kurios gali būti nevienodo gausumo tada suardomas pigmentinis epitelis, vėliau pažeidžiamas choriokapiliarinis sluoksnis, kuris atsakingas už lazdelių ir kolbelių mitybą, apmiršta fotoreceptoriai, atrofuojasi tinklainės zona, kuri plečiasi ir dėl to sutrinka centrinis matymas.



Pav. 4 Neeksudacinė senatvinė geltonosios dėmės degeneracija

Gydymas. Skiriami antiagregantai (aspirinas) ir kraujagysles plečiančiais medikamentais. Rekomenduojama atlikti tinklainės stimuliaciją žemos energijos lazeriu.

Eksudacinė serozinė degeneracija. Būdingos 5 formos: 1. Eksudacinė pigmentinio epitelio atšoka, 2. eksudacinė neuroepitelio atšoka, 3. naujų kraujagyslių įaugimas, 4. eksudacinė hemoraginė pigmentinio epitelio ir neuroepitelio atšoka, 5. randėjimas.

Klinika. Ligoniai ima skųstis, kad prieš akis atsiranda dėmė. Pablogėja rega, išsikraipo linijos, akiplotyje galima rasti centrinių arba paracentrinių skotomų. Drūzų atsiradimas akių dugne. Kraujavimai akies tinklainėje.

Gydymas. Skiriama dehidratuojantys vaistais, lazerio koaguliacija, gyslainės naujadarinės membranos pašalinimas – chirurginis gydymas.[3]

2.2 Geltonosios dėmės paburkimas

Geltonosios dėmės paburkimas (GDP) yra dažnas tinklainės pažeidimas sergant įvairiomis akių ligomis. Jis susidaro iš lokalių išsiplėtusių Vidu ląstelių ir/ar užląstelių tinklainės ertmių geltonojoje dėmėje. Radialiai išsidėsčiusios cistos, kurių viduje yra oftalmoskopiškai skaidraus skysčio, dažnai gerai matyti geltonojoje dėmėje. Histologiškai cistos yra ertmės tinklainėje tarp nustumtų ląstelių. Geriausiai GDP yra matomas tiriant fluorescencine angiografija. Palyginti nauju neintervenciniu optinės koherentinės tomografijos metodu gaunamas panašus į histologinį skerspjuvį vaizdas pasirinktoje tinklainės vietoje.

GDP gali būti cistinis ir necistinis. Necistinis GDP – tai tinklainės sustorėjimas centrinėje dalyje nesant cistinių ertmių, vėlyvoje FAG stadijoje matomas intraretininis dažo prasisunkimas. Cistinis GDP – tai tinklainės sustorėjimas centrinėje dalyje esant mikrocistoms, kuris vėlyvoje FAG stadijoje matomas kaip gėlės žiedlapių formos dažo prasisunkimas.[3]

Pagrindinės geltonosios dėmės paburkimo priežastys:

Jatrogeninės:

- Kataraktos operacija;
- Kapsulotomija YAG lazeriu;
- Tinklainės atšokimo operacija;
- Tinklainės lazerfotokoaguliacija;
- Tinklainės kriopeksija.

Lėtinis intraokulinis uždegimas:

- Lėtinis iridociklitas;
- Panuveitas;
- Infekcinis endoftalmitas.

Tinklainės kraujagyslių ligos:

- Diabetinė retinopatija;
- Tinklainės venos trombozė;
- Parafoveolinės telengktazijos.

Susijusios su paveldimomis distrofijomis:

- Pigmentinis retinitas;
- Žiedinė atrofija.

Įvairios:

- Didelės nikotino rūgšties dozės;
- Šeiminiis dominantinis paburkimas.

Irvine-Gasso sindromas. Toks sindromas dažniausiai vystosi po kataraktos operacijos. Dažniausiai šis paburkimas klinikai nėra reikšmingas ir praeina savaime, tačiau 1-2proc. atvejų paburkimas virsta lėtiniu, kurį reikia gydyti. Paburkimo mechanizmą dažniausiai lemia uždegiminė reakcija į chirurginę traumą, dėl kurios išsiskiria prostaglandinai, citokinai ir kiti uždegimo mediatoriai. Šie mediatoriai difunduoja į užpakalinį polių, padidėja tinklainės kraujagyslių pralaidumas, pažeidžiamas kraujo-tinklainės barjeras ir vystosi geltonosios dėmės paburkimas.

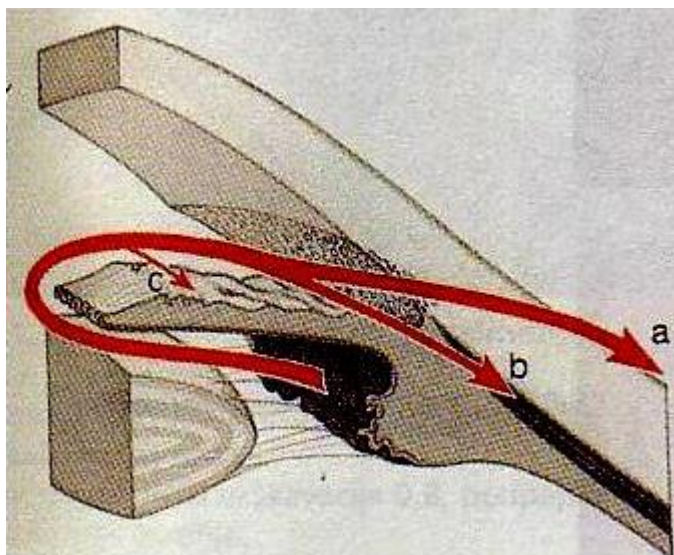
Gydymas. Skiriami kortikosteroidai: mažina tinklainės kapiliarų pralaidumą, didina kapiliarų endotelio aktyvumą bei stabdo kraujagyslių endotelio augimo faktoriaus geno išsiskyrimą. Dar vieni vaistai - nesteroidiniai vaistai nuo uždegimo, kurie naudojami priekinės akies dalies uždegimui gydyti bei efektyvus užpakalinio segmento pažeidimui gydyti. Toks gydymas yra taikomas Irvine-Gasso sindromui.

Diebetingam formai yra naudojama lazerfotokoaguliacija, kortikosteroidai, kraujagyslių endotelio augimo faktorių inhibitoriai [3].

2.3 Glaukoma

Glaukoma tai akių ligų grupė, apibūdinamos kaip specifinė optinė neuropatija, kuriai būdingas negrįžtamas regos nervo pažeidimas pasireiškiantis akipločio defektas bei akispūdžio patologija. Regos nervo disko pažeidimas sukelia akipločio pažeidimus dėl ko gali išsivystyti negrįžtamas ar nepagydomas aklumas. Glaukominė regos nervo neuropatija pasireiškia tik tada, kai ženkliai padidėja akispūdis arba ryškiai sumažėja kraujospūdis.

Akis turi priekinę ir užpakalinę kameras, kurias užpildo vandeninis druskų ir maisto medžiagų tirpalas, kuris maitina lęšiuką ir rageną bei pašalina medžiagų apykaitos produktus. Šis tirpalas primena tekantį šaltinį. Jis atsiranda vadinamajame krumpline, o išteka į venas per 0,37 mm skersmens lataką, vadinamą Šlemo antį. Cirkuliuodamas jis sukuria spaudimą į visas puses. Taip išlaikoma labai svarbi elastinga rutulio forma akies funkcijoms. Sutrikus nutekėjimui, tirpalas kaupiasi kameroje, didindamas akispūdį, vis labiau spausdamas akį iš vidaus. Tai pažeidžia regos nervą, kuris perduoda vaizdą į smegenis, tuomet jis pradeda negrįžtamai nykti. Padidėjus akispūdžiui žmogus nebemato kai kurių regėjimo lauko dalių, ir regėjimo laukas pamažu vis siaurėja. Dažniausiai pasitaiko atviro kampo glaukoma. Tada sutrinka kameros skysčio nutekėjimas per pačią filtravimo sistemą. Uždarąjo kampo glaukoma susergama, kai skystis kaupiasi užpakalinėje akies kameroje. Žmogus, žiūrėdamas į objektus, mato spalvotus žiedus apie šviesos šaltinį, akis ašaroja, vyzdys išsiplečia ir pasidaro neapvalus.



Pav. 5 Akies skysčio nutekėjimo keliai a) trabekulinis, b) uveoodeninis, c) per rainelę

Klinika. Pirminės glaukomos nesusijusios su akių arba sisteminiais pakitimais, nulemiančiais akies skysčio nutekėjimo sutrikimą, be to, dažniausiai būna abejose akyse. Antrinėms glaukomoms įtakos turi sisteminiai pakitimai, sutrikdantys skysčio nutekėjimą, kuris turi tris kelius, tai yra trabekulinį, uveoodeninį ir rainelės. Kadangi sutrikdomas akies skysčio nutekėjimas padidėja akispūdis (santykis tarp akies skysčio gamybos ir nutekėjimo). Šios glaukomos dažniausiai pažeidžia vieną akį.

Gydymas. Pagrindinis gydymo būdas yra akispūdžio mažinimas. Tokiam gydymui geriausiai tinka toks gydymas, kuris kartu mažintų akispūdį, gerintų akies kraujotaką bei apsaugotų tinklainės anglines ląstelės nuo žuvimo. Pirmiausia kiekvienam pacientui individualiai yra nustatomas akispūdis. Tuomet yra vartojami medikamentai priklauso nuo kokių vaistų reikia pacientui. Medikamentai skirstomi į šešias pagrindines grupes:

1. B adrenerginių receptorių antagonistai;
2. α adrenerginių receptorių agonistai;
3. karbaonhidrazės inhibitoriai;
4. prostaglandinų analogai;
5. cholinomimetikai:
 - 5.1. tiesiogiai veikiantys – cholinerginių receptorių agonistai;
 - 5.2. netiesiogiai veikiantys – cholinesterazės inhibitoriai.
6. Osmosiniai preparatai.

Chirurginės operacijos: chirurginė periferinė iridektomija, filtruojantis chirurgija, ciklodestrukcija, dirbtiniai šuntai. [3]

3 AKIES TINKLAINĖS TYRIMAS

Norint ištirti dažniausiai pasitaikančias akies tinklainės ligas buvo naudoti trys tyrimai, kurie ištiria skirtingas akies savybes: optinės koherentinės tomografijos, tinklainės jautrumo ir akies dugno tyrimai. Kiekvienas iš šių tyrimų nustato tam tikras akies fizikines ir funkcines savybes. Norint sužinoti daugiau apie akies tinklainės savybes esant įvairiems pakitimams, kurie atsiranda dėl ligos. Tyrimų rezultatai yra apdorojami ir sulyginami, gaunama nauja informacija, kurios naudingumas bus įvertintas tyrimo eigoje.

Tyrimo imtis, tiriamųjų atranka.

Tyrimui buvo rinkti Lietuvos sveikatos mokslų universiteto vėžio Kauno Klinikų akių ligų klinikos 25 pacientų (moterų ir vyrų) duomenys.

Įtraukimą į tyrimą kriterijai:

Duomenys buvo rinkti tų pacientų, kuriems specialistų buvo nustatytas vienas iš požymių: ankstyvosios stadijos amžinosios geltonosios dėmės degeneracija, vėlyvosios stadijos amžinosios geltonosios dėmės degeneracija, premakulinė fibrozė bei tie pacientai, kuriems specialistų nebuvo nustatyta nei viena iš šių diagnozių – sveiki pacientai.

Tyrimo planavimas ir organizavimas.

Tyrimo objektas – multimodaliniai akies dugno vaizdai.

Tyrimo eiga, rezultatų apdorojimas. Tyrimui naudota akies dugno vaizdo nuotrauka, gautas naudojant Visucam NM Digital Camera (Carl Zeiss Meditec AG, Germany) su infraraudonųjų spindulių šviesa (5 Mpix resolution, 0,5×7,4) ir padidiniu. 1 pixelio dydis buvo 0,00503 mm. Optinė koherentinė tomografija naudojant Zeiss Stratus OCT 3000 (Carl Zeiss Meditec AG, Germany) priemonę šalia 10 µm sagitalinės ir 20 µm lateralinės infraraudonųjų LED apšvietimo rezoliucijos. Ši rezoliucija buvo naudojama įvertinti akies tinklainės stormenį. Tinklainės jautrumo tyrimas, vizualinė perimetrija naudojant N-30-5 Humphrey Matrix (Carl Zeiss Meditec AG, Germany) buvo naudojama tam, kad įvertinti tinklainės jautrumą 30° laipsnių vizualiniame lauke dengta su 19 taškų tinkleliu.

Viso tyrimo surinkti duomenys, kurie reprezentuoja multimodalinę informaciją, buvo sujungti penkiais sluoksniais dviejų dimensijų rinkiniu (R,G,B akies dugno vaizdo sluoksniai; Akies tinklainės jautrumo skanavimo rezultatai ir tinklainės stormens matavimai). Visi duomenys (5 sluoksniai) buvo pritaikyti vienas kitam sekant tokiu principu, kad paprastas pikselis iš sudarytų duomenų reprezentuoja informaciją tame pačiame fiziniame tinklainės taške. Nuo tada, kai akies dugno vaizdai buvo registruojami ir tinklainės stormens duomenys buvo duoti su tuo pačiu principu. Buvo naudota kaukė su tinklainės stormenio duomenimis kuoduotais kaip pikselio įverčiai ir pridami prie akies dugno vaizdo. Tinklainės jautrumo rezultatai buvo

pridedami į tiriamus duomenis su erdvine transformacija naudojant pripažintus lyginimo taškus (makulos ir optinio nervo centrai).

Tinklainės jautrumo tyrimo taškai yra lengvai aptinkami pasitelkiant pasikartojimo (dažnio) dubliavimo technologijos skanavimo ataskaitą. Taip kaip akies dugno vaizdo makulos centras yra nuotraukos viduryje[16][17] ir optinis nervo centras yra aptinkamas remiantis pikselių atspalvių įvertinimo reikšmėmis[9][10]. Tinklainės jautrumo taškų pikselių įvertinimai buvo gauti kaip atitinkamas tinklainės jautrumas. Apskaičiavimai: $P < 1\%$ -1; $P < 2\%$ -2; $P < 5\%$ -5; $P \geq 5\%$ -6.

3.1 Optinės koherentinės tomografijos tyrimas

Optinė koherentinė tomografija (OKT) tai bekontaktė, neintervencinė tinklainės ir regos nervo disko diagnostinė vaizdo technologija, kuri pirmą kartą buvo aprašyta 1991 metais mokslininko Huango, o klinikinėje praktikoje pradėta naudoti 1997 metais. OKT pasižymi tikslumu formuojant akies tinklainės skersinius pjūvius, be to remdamasi skirtingu tinklainės sluoksnių atspindžiu gali in vivo įvertinti tinklainės histologiją. Skiriamoji geba mažesnė nei 10 mikrometrų, lyginant su ultragarsinio tyrimo maksimalia skiriamąja geba kuri yra 150 mikrometrų, tai didelis skirtumas. Veikimo principas paremtas žemo koherentiškumo spindulių, kurie atspindi nuo tiriamų audinių ir atraminių veidrodžių interferencijos matavimais. Kaip šviesos šaltinis yra naudojamas liuminescencinis diodas, projektuojantis į tinklainę šviesos spindulius, artimus infraraudoniesiems spinduliams.

Optinė koherentinė tomografija pritaikoma tinklainės struktūros analizei esant įvairioms patologijoms :

- Geltonosios dėmės skylėms ir pseudoskylėms,
- Vitreoretinės sąsajos pažeidimams ir vitreoretinėms traukos sindromui,
- Foveos retinošiziui,
- Epioretinėms membranoms,
- Įvairioms makulos edemoms, tarp jų kraujagyslių trombozėms ir embolijoms bei diabetinei makulos edemai,
- Tinklainės seroziniam ir hemoraginiam atšokimui,
- Juvelinei ir senatvinei makulos degeneracijai,
- Diabetinei retinopatijai,
- Ūminėms ir lėtinėms epitelopatijoms,
- Subterinėms neovaskuliarizacijoms,
- Intraretinėms ir preretinėms neovaskuliarizacijoms,
- Tinklainės atrofijai,

- Glaukomai ir jos sekimui.

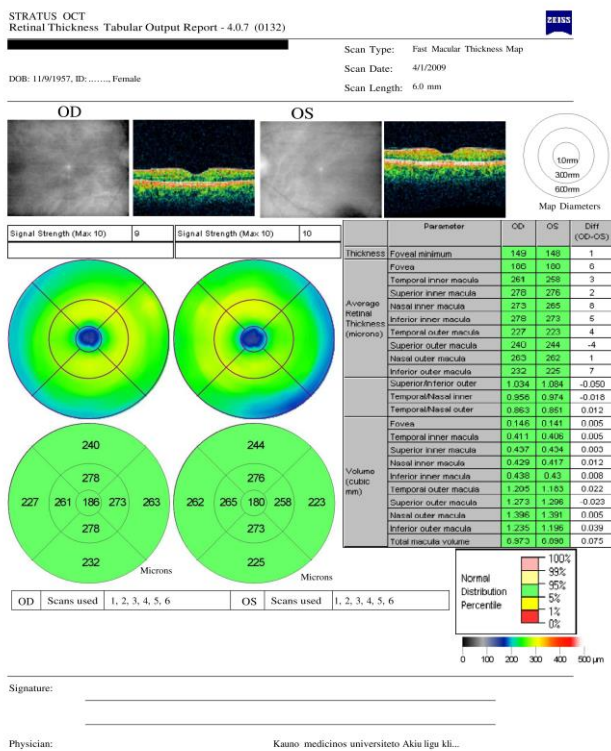
Optinės koherentinės tomografijos tyrimo metodas leidžia nustatyti ir išmatuoti:

- Morfologinius pokyčius,
- Tinklainės storį,
- Tinklainės nervinių skaidulų storį,
- Tinklainės tūrį,
- Įvairius optinio nervo disko parametrus.

Šie išvardyti matavimai palengvina makulos skylės patogenezės, klasifikacijos ir diagnozės nustatymą. Padeda apskaičiuoti makulos skylės skersmenį ir prognozuoti operacijos efektyvumą bei įvertinti anatomiją po makulos skylės operacijos.

Šis metodas patogu tuo, kad vaizdus galima kokybiškai analizuoti, kiekybiškai įvertinti, įrašyti į atmintį ir palyginti su pakartotiniais tyrimais. OKT tyrimas turi apribojimų, jis atliekamas tik akies užpakaliniame poliuje. Norint gauti kokybišką vaizdą reikalinga gera midriazė, taip pat tyrimą apsunkina ragenos edema, lęšiuko drumstys, stiklakūnio ofuskacijos ir kraujosruvos.

Optinė koherentinė tomografija yra viena iš naujausių vaizdo gavimo metodų, kuri vis dažniau ir dažniau yra aptinkama ligų diagnostikos srityje ir gali aptikti akies tinklainės ligas ir net glaukoma. Dar žinoma, jog ši tomografija yra paremta Maiklo interferometrijos principu. Šio principo esmė yra trukdžių pasikartojimai, kurie pagaminti remiantis žemais koherentiniais šviesų atspindžiais nuo tinklainės audinių ir yra apdoroti A – skanavimo tipo signalais. Tokie signalai yra sujungti tam kad sukurti dviejų dimensių vaizdą, kuris gali būti kaip in vivo histologijos formoje. Be to, ši nauja technologija buvo naudojama atpažinti makulos skyles, makulos cistas ir kitus pažeidus. Be to, ji gali būti naudojama atpažinti akies edemas, nervus ir išmatuoti akies tinklainės storumą įvairiose terapijose. Praktiškai optinė koherentinė tomografija gali būti naudojama atpažinti sveiką akį nuo pažeistos bei ieškant glaukomos. Tačiau nepaisant jos privalumų, ji turi ir savo limtų. Šios tomografijos įranga yra labai brangi ir nevisada kompanijos atsako už jos gerus veikimo principus. Vaizdo kokybė priklauso nuo operatoriaus technologijų kokybės. Yra manoma, kad ateityje OCT diagnostiniai metodai bus labiau apibrėžti ir dabartiniai limitai bus panaikinti. [1][11]



Pav. 6 OKT tyrimo rezultatai

3.2 Oftalmoskopijos tyrimas

Oftalmoskopijos tyrimas- tai akies dugno apžiūra su oftalmoskopu. Oftalmoskopas padidina akies dugno vaizdą ir jį fotografuoja. Yra du oftalmoskopų veikimo tipai:

- Atvirkštinė oftalmoskopija, kai matyti atvirkščias akies dugno vaizdas;
- Tiesioginė oftalmoskopija, kai matyti tiesioginis akies dugno vaizdas.

Pirmasis oftalmoskopas buvo specialus veidrodis kuris buvo sukurtas 1851 metais Hermano Helmholtco, taip pat jis aprašė akies dugno vaizdą bei jo pokyčius sergant įvairiomis ligomis. Šiuolaikiniai prietaisai yra daug modernesni, gautus skaitmeninio formato vaizdus apdoroja kompiuterinės programos, taip lengviau gydytojui įvertinti akies dugno būseną.[2]

Oftalmoskopu tiriami akies dugno pakitimai, regos nervo bei tinklainės ir gyslainės ligos, kraujotakos sutrikimai, augliai.

Akies dugno tyrimai yra atliekami stebint ne tik akių ligas, bet ir kitas sisteminės ligas tokias kaip:

- Aterosklerozė- matoma akies kraujagyslėse;
- Galvos smegenų ligos- regos nervo disko pakitimai;
- Padidėjęs kraujospūdis- pakinta tinklainės kraujagyslės;
- Cukrinis diabetas- tinklainėje atsiranda kraujosruvos. [11]



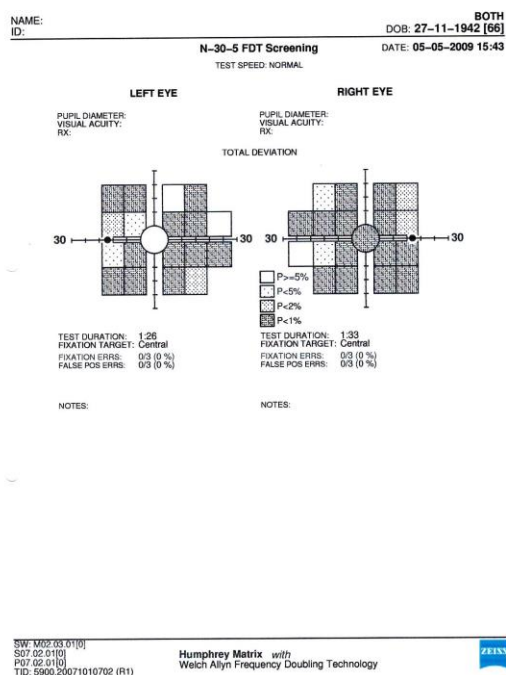
Pav. 7 Akių dugno vaizdas

3.3 Kompiuterinis akių tinklainės tyrimas

Akiplotis – tai erdvė, kurią galime matyti, nejudindami akies. Akiplotio ribos matuojamos laipsniais ir nustatomos tiriant akį perimetru. Tiksliausias akiplotio įvertinimas gaunamas tiriant kompiuteriniu perimetru. Šis aparatas turi atskiras programas įvairaus pobūdžio akiplotio sutrikimams tirti.

Pakitimai akiplotyje atsiranda dėl kai kurių akių ligų (pavyzdžiui, glaukomos, kraujotakos sutrikimų tinklainėje, tinklainės atšokimai, regos nervo ligų), dėl galvos smegenų kraujotakos sutrikimo ar traumos. Kompiuterinė perimetrija turi svarbią diagnostinę reikšmę, dažnai objektyviai atspindi ligos dinamiką.

Akiplotio tyrimas kompiuteriniu perimetru trunka iki 20 min. [14]



Pav. 8 Akių tinklainės jautrumo tyrimo rezultatai

3.4 Pagrindiniai Maiklo interferometrijos principai ir metodika norint aptikti ir valdyti akies tinklainės ligą ir glaukomą taikant optinę koherentinę tomografiją

Optinės koherentinė tomografija yra paremta Maiklo interferometrijos principu. Žema koherentinė infraraudonoji šviesa apjungta į didelio kiekio informacijos šviesos dėklus ir yra nukreipta per akies vidurį į tinklainę. Šviesos ėjimas per akį yra atspindėtas remiantis struktūromis skirtinguose akies tinklainės audinių sluoksniuose. Kai atstumas tarp šviesos šaltinio ir tinklainės audinio yra lygus atstumui tarp šviesos šaltinio ir informacinio veidrodžio, atspindėtas šviesa iš akies tinklainės audinio ir šio veidrodžio sąveikauja tam kad sukurti trukdžių modelį. Trukdžių modelis yra aptiktas ir apdorotas į signalą. Signalas yra analoginis gautajam remiantis A – skanavimo ultrasonografija naudojant šviesą labiau kaip stoką negu kaip garsą. Dviejų dimensijų nuotrauka yra sukurta kaip šviesos šaltinis, kuris yra judintas aplink tinklainę. Šis metodas gali būti svarstomas kaip forma *in vivo* histologijoje. Skaitmeninis apdorojimas sukuria A tipo skanavimus tam kad pataisyti akies judesius.

Oct nuotrauka gali būti demonstruota žymiai ryškesniu pilku atspindžiu. Alternatyviai, tai gali būti pademonstruota skirtingomis spalvomis ir laipsnių atspindžiais. Būtent OCT dabar yra pasiekama ir jos struktūros yra parodomos su ryškiausiomis šviesomis, kai tuo tarpu tos kurios turi žemą atspindį yra parodomos tamsiomis šviesomis. Įodmu tai kad tarpinė grandis pasirodo žalia spalva.

Optinės koherentinės tomografijos nuotraukos rezoliucija priklauso nuo kelių faktorių. Rezoliucija gali būti svarstoma ašinėje ir skersinėje plokštumoje. Skersinės ašies rezoliucija priklauso nuo bangos ilgio ir atsitiktinės šviesos pralaidumo. Trumpesnis bangos ilgis tokio kaip 800 nanometrų diapazono nėra absorbuotas tokiam ilgam bangos ilgiui kaip aukšto vandens kontinentų struktūros tokios kaip akies ragena ar stiklo pavidalo struktūros. Ši nuosavybė leidžia ašies rezoliucijai adekvačiai skverbtis į tinklainę. Plataus spektro šviesa didina ašinės ašies rezoliuciją gamindama trumpesnę koherentinę šviesos spindulį. Ankstesni modeliai pagaminti ašinėje rezoliucijoje nuo 12 iki 15 um. Dabar pagamintas pagal šią manufaktūrą turi teorinę ašinę rezoliuciją mažiau negu 10 um, bet tai dar nėra tiksliai įrodyta praktikoje iki šiol. Tam kad pasiekti optimalią rezoliuciją optiniai išsklaidymai pavyzdyje ir nurodyme. Ultra aukšta rezoliucijos tyrimas OCT skaneriai naudoja skirtingus šviesos šaltinius, kurie buvo naudoti pagal OCT 1,2 ir Stratus OCT. Vienas šviesos šaltinis yra titano safyro lazeris kuris yra turi ultra pralaidumo spektrą sucentruotą apytikriai 800 um. Su šiais šviesos šaltiniais, ašinė rezoliucija gali būti padidinta iki 2,3 um. Šie šviesos šaltiniai yra brangūs ir limituoti komerciniam naudojimui.

Skersinė rezoliucija yra iš esmės nepriklausoma nuo bangos ilgio. Tai yra limituota apytikriai 10 um. Nuotrauka pagaminta senesnių kartų skaneriais buvo sukomponuota iš 100 skirtingų skanavimo taškų ašinėje ašyje. Priklausomai nuo skanavimo modelio naujesni instrumentai gali pagaminti 512 skanavimo taškų ašinėje ašyje. Be to, atspindintis veidrodis OCT skanuoja keturis kartus greičiau negu senesnių kartų modelis. Kartu šios modifikacijos kuria nuotraukas didesnės skersinės ašies rezoliucijos didesniame šviesos greityje.[6]

3.5 Akies tinklainės nervo pluošto stormens atkuriamumo nustatymo metodai ir technika naudojant OCT Stratus normalioje ir glaukomos būsenos akyje

Tiriamieji ir metodai. Pasirinkta atsitiktinai norimą skaičių normalių objektų (akių) ir turinčių glaukomos patologiją ir keli darant specialių vizualų testą (tikslus skaičius nėra nurodomas). Visų objektų matavimai yra matuojami vieno operatoriaus apie 30 minučių su šiek tiek poilsio minučių. Daromi trys skanavimai su aukšto tankio RNFL protokolu ir trys su aukšto tokio paties tipo protokolu.

Technika. Visi objektai skanuojami su OCT Stratus tris kartus per tą pačią dieną su trumpomis pertraukomis tarp kiekvieno matavimo. Normaliame subjekte viena akis turi būti pasirinkta atsitiktinai. Tarp matavimų turi būti padaryta poilsio kelių minučių pertrauka. Tuomet subjektas turi būti informuotas, kad akis bus išmatuota objekte, tam kad būtų galima pamatyti akies nervą esamu metu. Poliarizacija optimizuojama iki maksimalaus atspindžio signalo. Pagrindas bus pritaikytas operatoriaus tam kad lyginti optinį nervą, tam kad jį būtų galima išmatuoti ir sukombinuoti į 1,73mm spindulio OCT vaizdą aplink optinį akies nervą. Skanavimo ratas yra patalpintas aplink diską ir jo diametras yra 3,46mm.

Prieš tyrimą visų pacientų apklausiama ar jie nori dalyvauti tyrime ir ištiriama jų akių klinikinė būklė, išsiaiškinama ar jie neturi kokių nors akies ligų.

Skanavimo tipas sekamas pagal greito tipo skanavimą, po to pagal standartinį skanavimą ir taip toliau kol trys rinkiniai iš kiekvieno tipo skanavimo bus gauti. Standartiniai RNFL skanavimai sudaryti iš 512 matavimų ir paimti tris kartus aplink optinį diską, turint standartizuotą 3,4 mm diametrą totaliam 1536 duomenų surinkimui per skanavimą. Greitojo tipo skanavimai įgijami iš karto, taigi totaliam 768 duomenų surinkimui turi būti padaryti 256 matavimai per vieną skanavimą. Tarp skanavimų paciento prašoma atsisėsti ir pailsėti kelioms minutėms prieš darant kitą matavimą. Tuo tarpu pakeičiami OCT parametrai tam kad būtų atliekama sesija iš naujo. RNFL analizei naudojama automatinis kompiuterio algoritmas tam kad atpažinti priešakines ir užpakalines paraštes. Analizavimo algoritmas apskaičiuoja matavimus aplink apvalius skanavimus tam kad gauti 17 skaičių per skanavimą Tai įtraukia vieną reikšmę RNFL stormens, keturių ketvirčių vidurkio ir 12 valandų vidurkio.

Išvados. Darant tokį tyrimą galima nustatyti ir įvertinti, kad akies atkuriamumas naudojant RNFL matavimus ir OCT Stratus metodą yra puikus tiek normalioje tiek esant patologijai (glaukoma) akyse. Standartinis ir greitesnio RNFL skanavimo tipai yra vienodai gerai veikiantys ir matuojantys tiek normalioje tiek esant patologijai akyse. Tokie radiniai turi didelę reikšmę ir įtaką norint progresyviai nustatyti ir gydyti pacientus turinčius glaukomos būseną. [7]

3.6 Geltonosios dėmės stormens matavimo metodai sveikoje akyje naudojant šešis skirtingus optinės koherentinės tomografijos instrumentus

Šeši skirtingi OCT instrumentai naudojami tam kad įvertinti tinklainės centrinį stormenę abiejose akyse sveikame objekte. Matavimai parodomi dvejuose skirtinguose sesijose tą pačią dieną su kiekviena sistema. Iš šių matavimų tinklainės centrinis storumo turi būti apskaičiuotas.

Pagrindiniai šio metodo kriterijai yra 18 ar vyresnio amžiaus asmenys, su geriausiai koreguotu akies aštrumu be jokių kitų ligų ar patologijų.

Prieš šį metodą visi tiriamieji turi praeiti visus įmanomus akies tyrimus, norint įsitikinti ar nėra kitų akies patologijų. Tuomet pradedamas minėtasis OCT tyrimas.

Tyrimas. Kiekvienas tiriamasis praeina dvi sesijas su kiekvienu iš šešių OCT instrumentų dvi valandas tą pačią dieną. Pirmoje serijoje kiekvienas tiriamasis paimtas per vieną įgijimo sesiją abejoms akims (pirmiau tikrinama dešinė akis, po to kairė). Įdomu tai, kad kiekvieno instrumento eiliškumas parenkamas atsitiktinai. Po to kita serija įgijimo sesiją paimama ta pačia tvarka. OCT instrumentai sukooperuojami remiantis tuo pačiu operatoriumi. Tik tie OCT skanavimai, kurie turi pakankamą kokybę yra naudojami. Įsigijimo protokolai naudojami vienodai visiems instrumentams. Be to, dar naudojama greito geltonosios dėmės stormens žemėlapių protokolai. Šeši skanavimai skaičiuojami tam kad pagaminti vieną linijos skanavimą ir jį panaudoti kaip garsumo skanavimą.

Prieš skanavimą visų akių vyzdžiai išplečiami bent jau iki 6 diametrų su lašeliais, kurių sudėtyje yra 0,5% anticholinerginio vaisto ir $\alpha 1$ receptorio antagonistų vaisto. Procedūra panaši visiems instrumentams. Po įgijimo protokolo ir skanavimo procedūros pacientams paaiškinta labai detalai, apie procedūrą ir tuomet tiriamieji pasodinami priešais OCT instrumentus ir paprašyti fiksuoti vidaus organų fiksacijos objektą. Po to kai fiksacija pritaikoma ir gera centrinė fiksacija gaunama, skanavimo procesas tęsiamas toliau.

Iš OCT skanavimo testavimo stormens žemėlapių suskaičiuojama OCT programinės įrangos analizė. Reikšmė nukrypimų suskaičiuojama kiekvieno iš šešių instrumentų dešinės ir kairės akies. Norint surasti skirtumą tarp instrumentų naudojama tik dešinės akies matavimai.

Rezultatai. Lyginant su Stratus OCT visi spektriniai OCT instrumentai rodo aukštą tinklainės centro stormenį. Tai rodo, jog šis tyrimas yra puikus būdas norint nustatyti tinklainės centro stormenį ir gali būti plačiai naudojamas medicininėje praktikoje. [8]

3.7 RGB spalvinė erdvė

Darbe yra naudojamos akių dugno vaizdų nuotraukos, kurios yra RGB skalėje, kurią sudaro raudona (R-red), žalia(G-green) ir mėlyna (B-blue) spalvos.

RGB modelyje kiekvienos spalvos kiekis matuojamas skaičiais nuo 0 iki 255. Spalvinės komponentės (pagrindinės spalvos) dar vadinamos spalviniais kanalais. RGB yra trijų kanalų spalvinis modelis. Sumaišant visas tris didžiausio intensyvumo spalvas, gaunama balta spalva, mažiausio juoda spalva. Bet kuri kita spalva ar atspalvis vienareikšmiškai apibūdinami trimis parametrais. Šie parametrai yra skaičiai, nurodantys pagrindinių spalvų (R,G ir B) intensyvumus. Sumaišius visas tris spalvas skirtingomis proporcijomis, galima išgauti visą atspalvių įvairovę.[10]

R,G,B komponentes gali būti apskaičiuotos pagal ryškumo komponentes praleistas pro tam tikrus filtrus:

$$R = \int E(\lambda) \cdot SR(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$G = \int E(\lambda) \cdot SG(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$$B = \int E(\lambda) \cdot SB(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

čia:SR, SG, SB - spalvinis filtras, $E(\lambda)$.spinduliavimas , λ . bangos ilgis.

3.8 Fundus kameros vaizdo apdorojimas

Fundus kameros nuotrauka sudaryta iš 2196 x 1958 pikselių, kurie yra išsaugoti JPEG formatu. Norint apdoroti duomenis buvo nuspręsta naudoti MatLab programinę įrangą, tam buvo sukurtas duomenų masyvas, kuriame atvaizduojami akių dugno nuotraukos pikselių vertės RGB skalėje. Pikselių vertės 0-255 diapazone. Masyvas sudarytas taip, kad nuotraukos kiekvienos spalvos sluoksniai yra surašyti į masyvo eilutes, Raudonos spalvos sluoksnis Xr masyvo eilutė, Žalios spalvos Xg eilutė, mėlynos spalvos sluoksnis Xb eilutė, taip sudarytas masyvas, kurios dydis yra 3x n, kur n=4299768. Masyvo struktūra pavaizduota 4 formulėje.

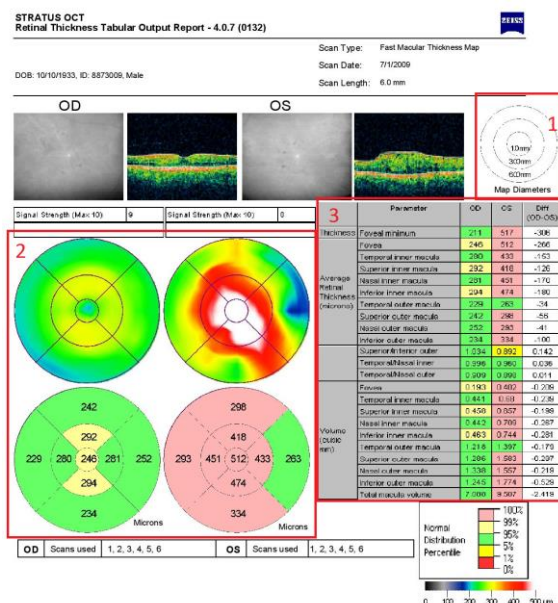
$$\text{Duomenys} = \begin{bmatrix} Xr1 & \dots & Xrn \\ Xg1 & \dots & Xgn \\ Xb1 & \dots & Xgn \end{bmatrix} \quad (4)$$

3.9 OCT storių apdorojimas

Optinės koherentinės tomografijos tyrimo rezultatai yra pateikiami PDF formatu Pav. 9. 1 pažymėti apskritimai kurie nurodo kokiais atsumai nuo geltonosios dėmės yra registruojami storiai. 2 grafiškai pavaizduota tinklainės storiai pagal, tyrimo schemą. 3. Lentelė su kiekvienos akies vieta ir jos storiu. Pagal pateiktus rezultatus žinoma, kad tyrimo centras yra geltonosios dėmės duobė kurios skersmuo yra 1 mm ir nuo jos nutolę žiedai, vidinis žiedas 3 mm ir 6 mm išorinis geltonosios dėmės žiedas. Taip pat žiedai yra suskirstyti į 4 puses: viršutinis; apatinis; nosies pusė; smilkinio pusės. Sudarome šabloną kuris yra uždedamas ant akies dugno tyrimo nuotraukos. Šablonas yra suskirstyta į 9 skirtingas dalis kaip parodyta 9 pav. 2 numeriu pažymėta dalis.

Surandame geltonosios dėmės duobę[14][18], iš jos centro brėžiame tris apskritimus kurių spinduliai yra 0,5; 1,5; 3 mm turėdami apskritimus brėžiame linijas nuo pirmojo apskritimo kraštinių 45° ; 135°; 225°; 315° kampais, tokiu būdu padaromas šablonas, į kurios kiekvieną skyrių yra įrašomi tinklainės storiai ir pridedami prie jau turimo duomenų masyvo, taip sukuriamas masyvas (5) jau iš 4 eilučių. Xsn tinklainės storis n-tojo pikselio vietoje.

$$\text{Duomenys} = \begin{bmatrix} Xr1 & \dots & Xrn \\ Xg1 & \dots & Xgn \\ Xb1 & \dots & Xbn \\ Xs1 & \dots & Xsn \end{bmatrix} \quad (5)$$

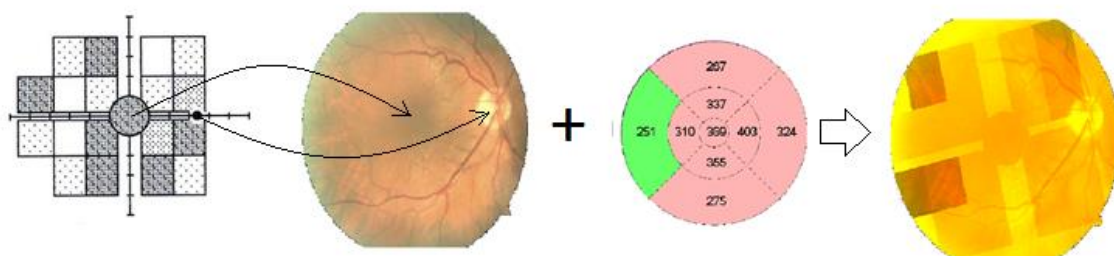


Pav. 9 OKT tyrimo rezultatų pateikimas

3.10 Akies tinklainės jautrumo duomenų apdorojimas

Akies tinklainės jautrumo tyrimas yra pateikiamas ne kompiuteriniu variantu todėl reikia ir šiam tyrimui pasidaryti šabloną, panašų į storių, tik šiuo atveju turime du susietuosius taškus su akies dugno vaizdu, tai geltonosios dėmės centras ir optinio disko centras. Radus šiuos taškus tinklainės jautrumo tyrimo duomenys yra sutapatinami su akies dugno nuotraukos pikseliais, taip sukuriami penktoji duomenų masyvo eilutė X_j . Masyvas duomenys (6) pilnai paruoštas atlikti skaičiavimams.

$$\text{Duomenys} = \begin{bmatrix} X_{r1} & \dots & X_{rn} \\ X_{g1} & \dots & X_{gn} \\ X_{b1} & \dots & X_{bn} \\ X_{s1} & \dots & X_{sn} \\ X_{j1} & \dots & X_{jn} \end{bmatrix} \quad (6)$$



Pav. 10 Masyvo sudarymo iliustracija

3.11 Statistinių duomenų skaičiavimas

Sudarius duomenų masyvą, nesunkiai ir greitai galime atlikti įvairius skaičiavimus, visiems turimiems tyrimams. Statistiniai analizei iš turimų akies dugno vaizdų išsirenkamas plotas kuriame matomas aiškus tinklainės pakitimas, ar nepanašumas į kitas jos vietas. Iš pasirinktos vietos išskaičiuojamas vidurkis R,G,B spalvoms, variantiškumas kiekvienai spalvai, asimetrijos ir eksceso koeficientai ir histogramos.

Imties (empirinis) asimetrijos koeficientu (skewness) S apibūdina empirinio skirstinio asimetriškumą [21]. Jeigu skirstinys simetriškas vidurkio atžvilgiu, tai $S=0$. Dešinėsios asimetrijos atveju $S>0$, kairiosios – $S<0$. Normaliojo skirstino atveju $S=0$. Asimetrijos koeficientas apskaičiuojamas (7)

$$S = \frac{E(x - \mu)^3}{\sigma^3} \quad (7)$$

Čia S -asimetrijos koeficientas; μ - vidurkis nuo x ; σ - standartinis nuokrypis nuo x ; $E(t)$ - laukiama vertė nuo t ; x - nemažiau trys elementai.

Imties (empirinis) eksceso koeficientu (kurtosis) apibūdina empirinio skirstinio tankio (histogramos) smailumą ($K>0$) arba lėkštumą ($K<$) lyginant su normaliuoju skirstiniu.

Normaliojo skirstinio atveju $K=0$. Jeigu empirinio skirstinio tankio funkcijos maksimumas yra aukščiau (žemiau) nei normaliojo dėsnio, tai sakoma, kad empirinis skirstinys turi teigiamą (neigiamą) ekscesą[20]. Eksceso koeficientas apskaičiuojamas (8).

$$K = \frac{E(x - \mu)^4}{\sigma^4} \quad (8)$$

Čia K -eksceso koeficientas; μ - vidurkis nuo x ; σ - standartinis nuokrypis nuo x ; $E(t)$ - laukiama vertė nuo t ; x - nemažiau keturi elementai.

Vidurkis skaičiuojamas pagal (9) formulę kiekvienai spalvai atskirai.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \quad (9)$$

Čia μ -vidurkis; N - stebėjimų skaičius, A -atsitiktinių kintamųjų vektorius.

Variantiškumas apskaičiuojamas taip pat kiekvienai spalvai atskirai pagal (10) formulę.

$$V = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N A_i - \mu^2 \quad (10)$$

Čia V -Variatiškumas; μ -vidurkis; N - stebėjimų skaičius, A -atsitiktinių kintamųjų vektorius.

3.12 Diskriminantinė analizė

Diskriminantinė analizė buvo naudojama tam, kad sukonstruoti diskriminantines funkcijas, geriausiai klasifikuojami duomenys atspindint analizavimo atvejus (ankstyvosios stadijos amžinosios geltonosios dėmės degeneracija, vėlyvosios stadijos amžinosios geltonosios dėmės degeneracija, premakulinė fibrozė). Tokia funkcija įtraukia keletą pirminių bruožų optimizuojant jų svorį geriausioms grupių atsiskyrimo. Tipinė funkcija (7)

$$Y_i = l_1 X_1 + l_2 X_2 + l_3 X_3 + l_p X_p + C_i \quad (7)$$

Čia X – bruožas ir l – svoris. Klasifikavimo kokybė buvo vertinama remiantis kanoninėmis funkcijomis, kurios buvo apskaičiuotos remiantis Wilk's Lambda statistiniu metodu[19]. Visi skaičiavimai buvo atlikti IBM SPSS Statistics 22 programine įranga

4 REZULTATAI

4.1 Lęšiuko drumstumo įtakos įvertinimas akies dugno vaizdo gavimui

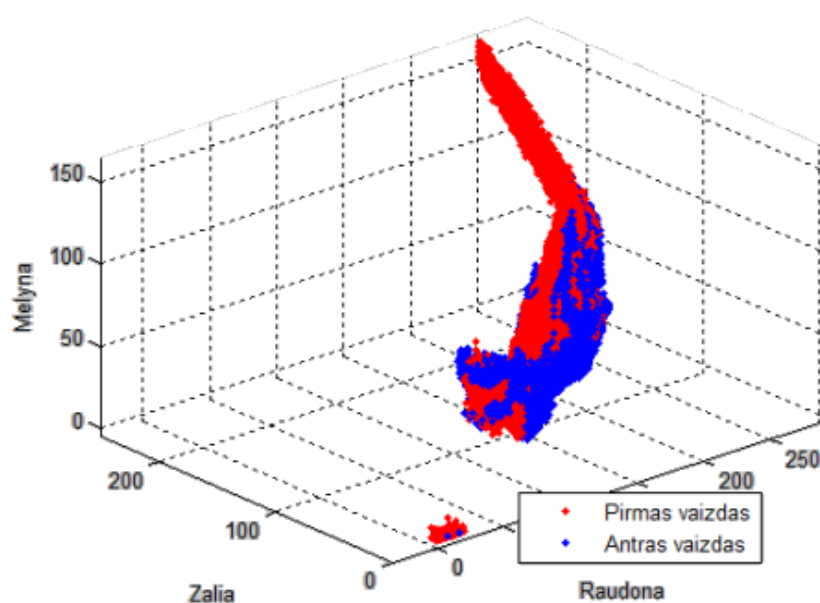
Atsirandant akies lęšiuko drumstumui pradeda vystytis katarakta, tai liga kai lęšiukas tampa nebeskaidrus, keičia matymo spalvą, vaizdas tampa geltonesnis tol kol informacija nebepatenka į akies tinklainę.

Akies lęšiuko drumstumo laipsnis yra nuo 0 iki 6. Turėdami akies dugno vaizdus ir lęšiuko laipsnį vizualiai įvertinsime kokią įtaka akies dugno spalvai turi drumstumas ir ar jis duoda geltoną atspalvį tinklainės vaizde.

Lyginamas akių dugno vaizdas prie vienodo lęšiuko drumstumo NO-1,3 su skirtinga diagnoze Pirmas vaizdas Norma, Antras vaizdas Pradinė AGDD.



Pav. 11 Akių dugno vaizdas



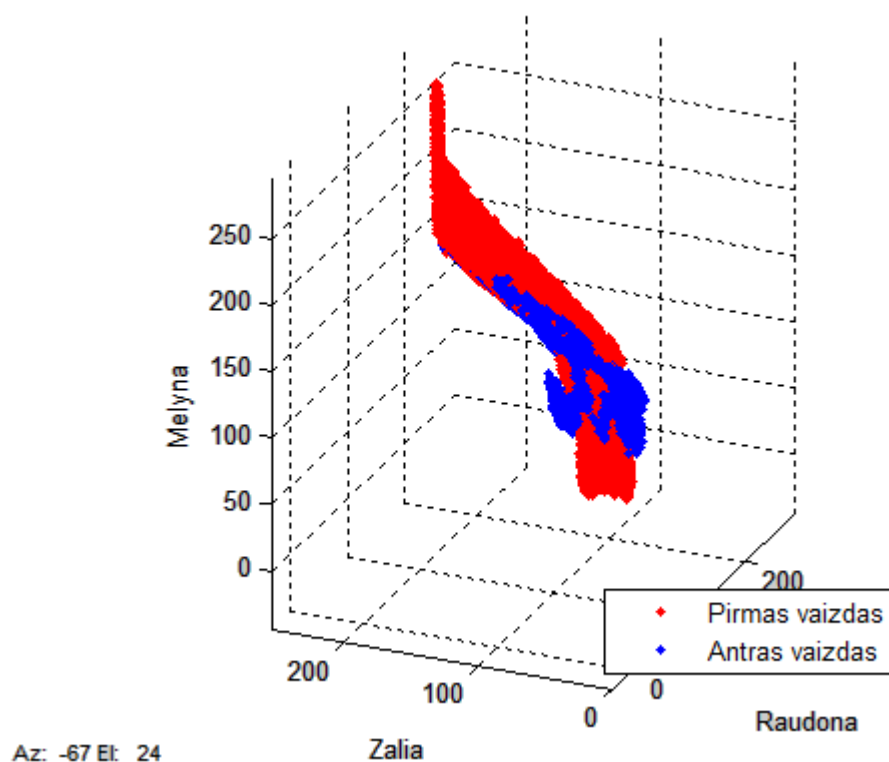
Pav. 12 Akių dugno vaizdo spalvinis atvaizdavimas

Pirmas vaizdas turi daugiau raudonos ir mėlynos spalvos, antras vaizdo spalvų intensyvumas daugiau susitelkęs ties viduriu.

Lyginamas akių dugno vaizdas prie vienodos diagnozės Pradinė AGDD su skirtingais lęšiuko drumstumais. Pirmas vaizdas NO- 0.8 .Antras vaizdas NO- 1.8



Pav. 13 Akių dugno vaizdas



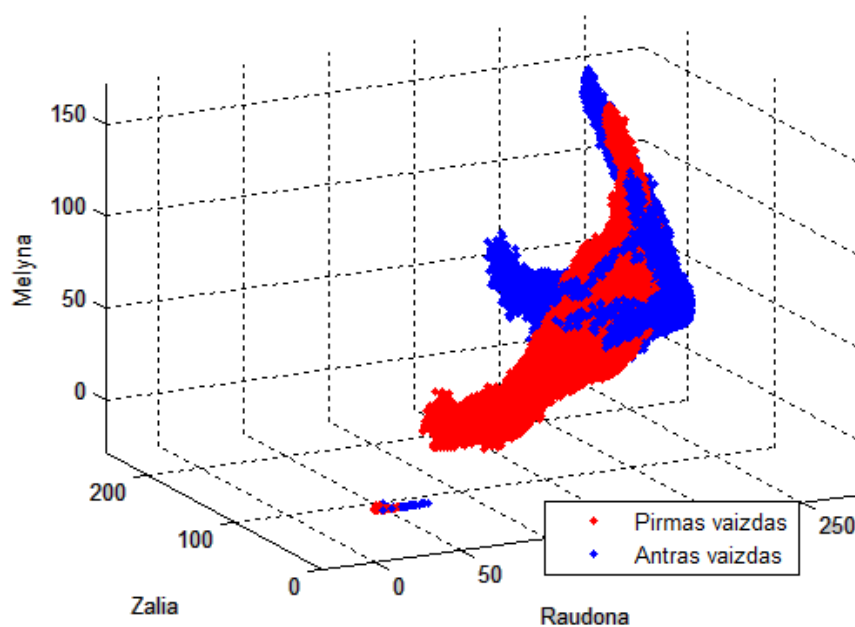
Pav. 14 Akių dugno vaizdo spalvinis atvaizdavimas

Iš akių dugno vizualiniai matosi kad su didesniu NO dugno vaizdas atrodo geltonesnis, tai atsispindi ir spalviniame atvaizdavime, antras vaizdas susitelkia daugiau per vidurį, o pirmas plačiai išsidės mėlyname diapazone.

Lyginamas akių dugno vaizdas prie vienodos diagnozės Pradinė AGDD NO- 1.8



Pav. 15 Akių dugno vaizdas



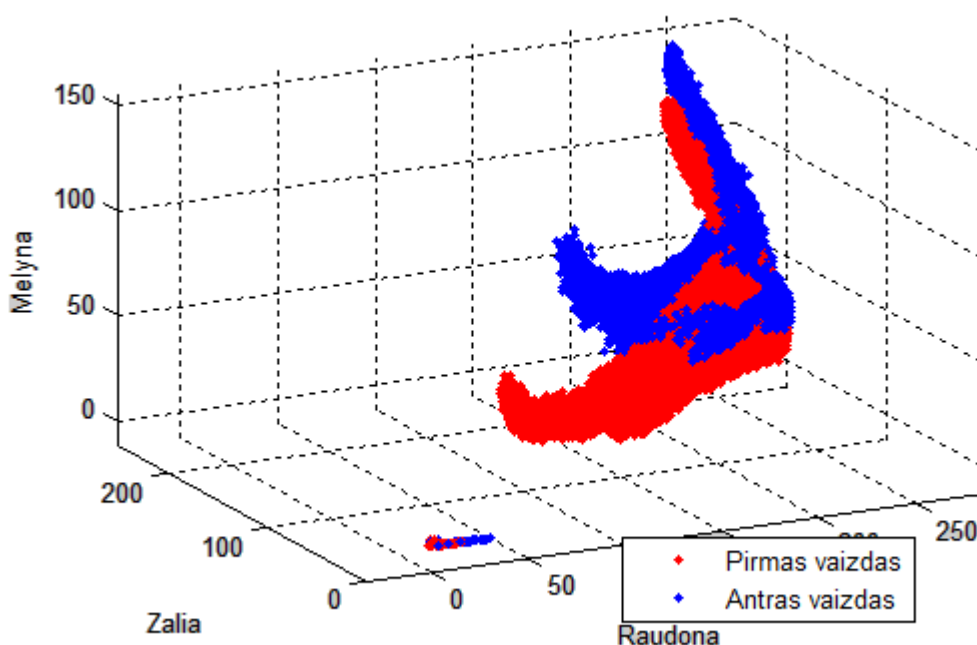
Pav. 16 Akių dugno vaizdo spalvinis atvaizdavimas

Prie vienodų sąlygų pirmo vaizdo mėlynos spalvos intensyvumas mažesnis, akių dugno nuotrauka pirmo vaizdo tamsesnė.

Lyginamas akių dugno vaizdas prie vienodo lęšiuko drumstumo NO-1,8 su skirtinga diagnoze: Pirmas vaizdas Pažengusi eksudacine AGGD, Antras vaizdas Pradinė AGDD.



Pav. 17 Akių dugno vaizdas



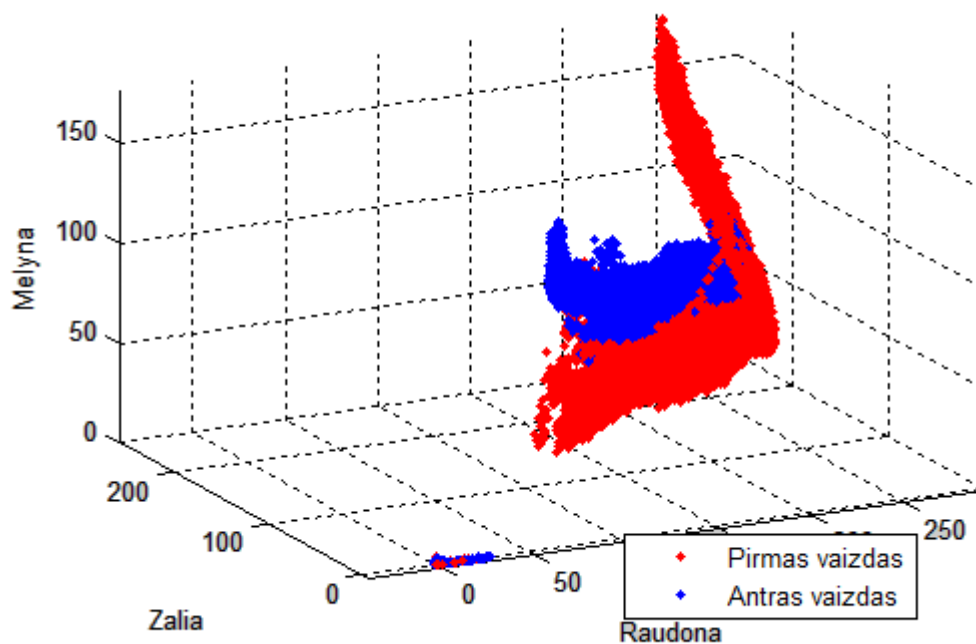
Pav. 18 Akių dugno vaizdo spalvinis atvaizdavimas

Pažengusio eksudacinės AGGD vaizdas tamsesnės spalvos, o pradinės AGGD geltonesnės, nors lęšiuko drumstumas vienodas. Spalviniame atvaizdavime pirmas vaizdas mažesnę intensyvumą turi raudonos spalvos ir mėlynos.

Lyginamas akių dugno vaizdas prie vienodos diagnozės premakulinė fibrozė su skirtingais lęšiuko drumstumais. Pirmas vaizdas NO- 1,2 .Antras vaizdas NO- 2.8. Lęšiuko drumstumo skirtumas 1 laipsnis.



Pav. 19 Akių dugno vaizdas



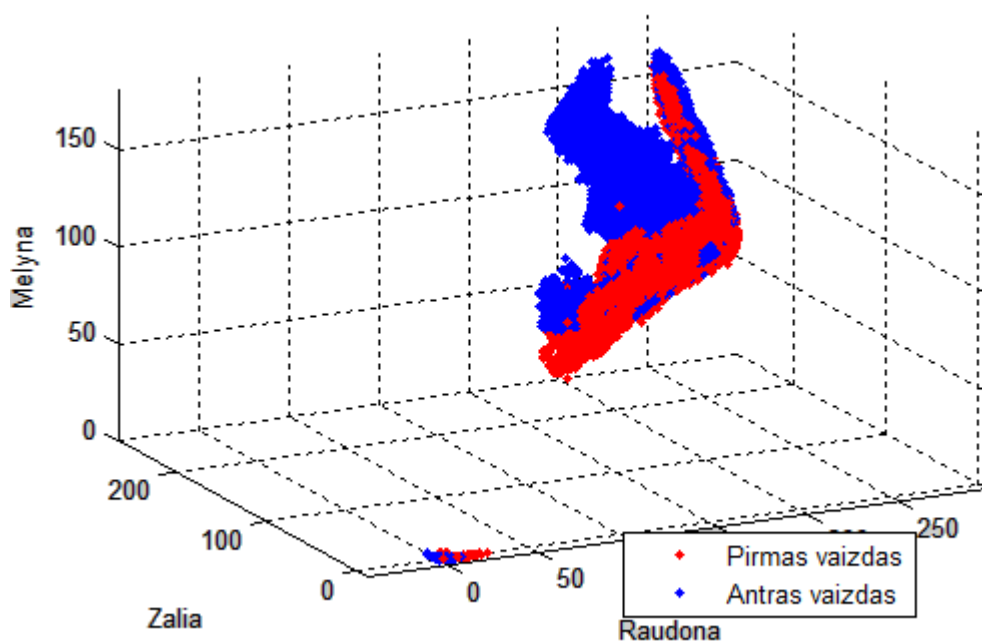
Pav. 20 Akių dugno vaizdo spalvinis atvaizdavimas

Iš akių dugno vaizdo matyti kad spalvins skirtumas matomas, antro vaizdo su didesniu lęšiuko drumstumu vaizdas šviesesnis. Tai atsispindi ir spalviniame atvaizdavime antro vaizdo spalvos susitelkusios tokia intensyvume kuris yra artimas geltonai spalvai. Pirmo vaizdo spalvų intensyvumas išsibarstęs plačiame diapazone.

Lyginamas akių dugno vaizdas prie vienodo lęšiuko drumstumo NO-1,4 su skirtinga diagnoze: Pirmas vaizdas Pradinė AGGD, Antras vaizdas premakulinė fibrozė.



Pav. 21 Akių dugno vaizdas



Pav. 22 Akių dugno vaizdo spalvinis atvaizdavimas

Nors ir drumstumas vienodas akių dugno vaizde pastebimas šviesumų skirtumas premakulinės fibrozės akių dugno vaizdas yra blankesnis. Spalvinėje diagramoje matomas padidėjęs raudonos spalvos intensyvumas abiem vaizdams, žalios spalvos intensyvumas antrajam vaizdui yra didesnis ir labiau išsibarstęs diapazone.

4.2 Statistiniai rezultatai

Vienuolika pradinių bruožų (Vidutinės pikselių reikšmės R, G, B plokštumose, jų dispersija, vidutinės tinklainės storių reikšmė, jos dispersija, santykinis tinklainės jautrumas, akies ragenos centro storis, lęšio drumstumas), buvo įtraukti kuriant tris kanonines funkcijas duomenų klasifikavimui pagal Fisher'io statistiką ir Wilk's Lambda kriterijų. Variacijų procentai dengti pagal kiekvieną kanoninę funkciją yra atspindėti pagal kovariacijos matricos tikrinę vertę (Lentelė 1).

Lentelė 1. Kanoninės funkcijos tikrinės vertės

Funkcija	Tikrinė vertė	Pakitimai procentais	Sukaupimas procentais	Kanoninė koreliacija
1	3,645	59,6	59,6	0,886
2	2,167	35,4	95,0	0,827
3	0,309	5,0	100,0	0,486

Klasifikacijos kokybė remiantis Wilk's Lambda kriterijumi kiekvienai kanoninei funkcijai (Lentelė 2)

Lentelė 2. Wilks' Lambda kriterijus kanoninei funkcijai

Funkcijų testas	Wilks' Lambda	Chi-square	Df	Sig.
Nuo 1 iki 3	0,052	84,295	33	0,000
Nuo 2 iki 3	0,241	40,523	20	0,004
3	0,764	7,665	9	0,568

Wilk's Lambda kriterijaus kokybė pirmai kanonei funkcijai yra žemiau 0,1 ir reikšmės vertė yra žemiau 0,01, taigi funkcija yra statistikai reikšminga šiai klasifikacijai. Antra kanoninė funkcijai rodo Wilk's Lambda kriterijaus reikšmę, kuri yra 0,241 ir reikšmė 0,004, kas taip pat patvirtina klasifikacijos tinkamumą. Deja, trečia kanoninė funkcija neparodo labai aukštos statistikai reikšmingos vertės ir reikšmės gautos skaičiuojant naudojant Wilk's Lambda kriterijų. Pagal tikrinę vertę ir variacijų procentus (59.6% ir 35.4%), galima rekomenduoti abejas kanonines funkcijas klasifikavimui.

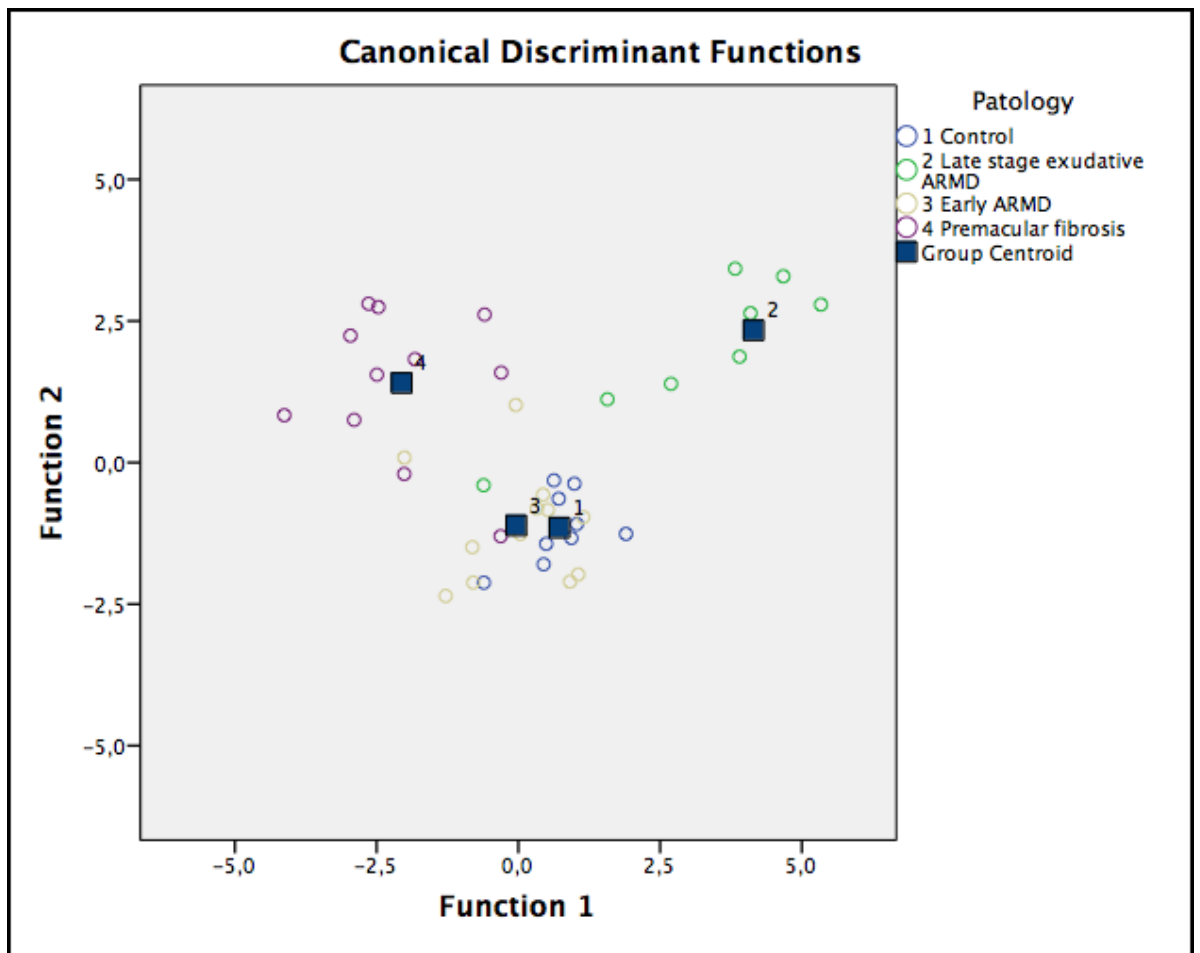
Standartizuota kanoninė diskriminantinės funkcijos koeficientai (Lentelė 3)

Lentelė 3. Standartizuota kanoninė diskriminantinės funkcijos koeficientas

	Funkcija		
	1	2	3
Vidurkis R (raudonos spalvos)	-9,958	-0,354	4,277
Vidurkis G (žalios spalvos)	9,216	1,778	-3,243
Vidurkis B (mėlynos spalvos)	1,133	0,546	0,662
Pokytis R (raudonos spalvos)	1,443	1,398	-1,818
Pokytis G (žalios spalvos)	-1,881	-1,772	1,404
Pokytis B (mėlynos spalvos)	-0,384	-0,136	0,052
Tinklainės storio vidurkis	1,529	-0,564	-1,824
Storio dispersija	0,521	0,326	0,676
Santykinis jautrumas	-0,182	-0,288	0,099
Akies ragenos centrinis storis	1,053	0,166	0,361
Lęšiai drumstumas (NO)	0,615	0,593	-0,396

Koeficiento vertė reprezentuoja tam tikro bruožo svarbą analizuotų patologijų klasifikacijai. Pagrindinė pikselių vertė raudonoje ir žalioje spalvose pasirodo kaip labiausiai svarbi. Įdomi tinklainės storio reikšmė ir santykinis jautrumas buvo svarstomi kaip riboto svarbumo bruožai. Naudojant detalizuotas kanonines funkcijas daugiau kaip 75 procentai klinikinių atvejų buvo suklasifikuotos tinkamai naudojant originalius duomenis. Deja tik 37 procentai vėlyvosios stadijos eksudacinės geltonosios dėmės degeneracijos ir 46 procentai ankstyvosios stadijos geltonosios dėmės degeneracijos buvo klasifikuojami tinkamai sukryžmintais patvirtintais duomenų rinkiniais.

Kanoninės funkcijos analizavimo atvejai erdvėje (Pav. 23)



Pav. 23 Kanoninės funkcijos analizė erdvėje

5 IŠVADOS

1. Ištyrus akies lęšiuko drumstumo poveikį, pastebėta kad lęšio drumstumas turi tendencija keisti spalvinės gamos pasikeitimus akių dugno vaizdui.
2. Įvertinus multimodalinės informacijos sudedamųjų dalių svorį, pastebėta, kad akių dugno vaizdo žalia ir raudona spalvos bei tinklainės jautrumas ir storis yra reikšmingi akių ligų klasifikavimui.
3. Šiuo metu turima riboto dydžio imtis, nėra pakankama sukurti realią klinikinę reikšmę turinčią požymių sistemą ligų klasifikacijai, tačiau tai yra daugiamatės analizės principo iliustracija, kuriuo tikimės kurti požymių sistemas daugelio ligų klasifikavimui.

6 LITERATŪROS SARAŠAS

- [1]. Dr. A. Cimbalas. Lietuvos oftologija, 2005, tomas IV, Nr. 1 (10)
- [2]. Veena Raj, Dr.Vidya Devi. Retinal Image Analysis Using Fovea Detection using Unsymmetrical Trimmed Median Filter (MDBUTMF). International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 3, Issue 3, September 2013
- [3]. Blažienė A., Jašinskas V. (2005). Akių ligų vadovas. Šiauliai: Narbuto leidykla.
- [4]. Oakar Phyo , AungSoe Khaing. Automatic detection of optic disc and blood vessels from retinal images using image processing techniques. IJRET International Journal of Research in Engineering and Technology. eISSN: 2319-1163|pISSN:2321-7308
- [5]. Saulė Kalpokaitė-Gutauskienė, KMUK Akių ligų klinika. Geltonosios dėmės paburkimas, jo rūšys ir Gydyimo metodai. 2006/4 Lietuvos oftologija.
- [6]. GLENN J. JAFFE, MD, AND JOSEPH CAPRIOLI, MD. Optical Coherence Tomography to Detect and Manage Retinal Disease and Glaucoma. AMERICAN JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY JANUARY 2004.
- [7]. Lisandro M Sakata MD PhD, Julio DeLeon-Ortega MD PhD, Viviane Sakata MD and Christopher A Girkin MD MSPH. Optical coherence tomography of the retina and optic nerve – a review. Clinical and Experimental Ophthalmology 2009; 37: 90–99 doi: 10.1111/j.1442-9071.2009.02015.x
- [8]. N. A. Nassif, B. Cense, B. H. Park, M. C. Pierce, S. H. Yun, B. E. Bouma, G. J. Tearney. In vivo high-resolution video-rate spectral-domain optical coherence tomography of the human retina and optic nerve. 9 February 2004 / Vol. 12, No. 3 / OPTICS EXPRESS 374
- [9] Y F Choong, F Rakebrandt, R V North, J E Morgan Acutance, an objective measure of retinal nerve fibre image clarity. Br J Ophthalmol 2003;87:322–326
- [10] Viktorija Puzienė, Darius Jęgelevičius. REGOS NERVO DISKO VAIZDU KOKYBĖS VERTINIMAS. SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA 2010, Vol. 2, No 1
- [11] I. Janulevičienė, V. Barzdžiukas, J. Jankauskienė, R. Žemaitienė, D. Žaliūnienė, J. Milašienė, V. Jašinskas, M. Špečkauskas (2008). Lazerinių technologijų panaudojimas akių ligų diagnostikai. Kaunas: Vitae Litera
- [12] R. Stropus, K. A. Tamašauskas, N. Paužienė (2005). Žmogaus anatomija. Kaunas: Vitae Litera
- [13] E. Kėvelaitis, M. Illert, H. Hultborn, (2006). Žmogaus fiziologija. Kaunas: KMU leidykla

- [14] Marco Zeppieri, M. D. and Chris A. Johnson, Ph.D. Frequency doubling technology (FDT) perimetry. [žiūrėta 2015 m. Balandžio 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.perimetry.org/PerimetryHistory/FDP/>
- [15] Meindert Niemeijer, Michael D. Abramoff, and Bram van Ginnekenaa. Fast Detection of the Optic Disc and Fovea in Color Fundus Photographs. *Med Image Anal.* 2009 Dec;13(6):859-70. doi: 10.1016/j.media.2009.08.003. Epub 2009 Sep 4.
- [16] Shobha Christila.S, Rajeshwari R, Automatic Fovea Detection and Grading of Diabetic Maculopathy Severity Levels. *International Journal of Engineering Research & Technology.* ISSN: 2278-018, Vol. 3 Issue 4, April - 2014
- [17] Renji kuriakose1 T.Vandarkuzhali, Dr.C.S Ravichandran. SIMPLE AND FAST ALGORITHM FOR DETECTING FOVEA REGION BY THRESHOLDING METHOD. *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research (IJMTER)* Volume 02, Issue 03, [March - 2015]
- [18] H Yu, S Barriga, C Agurto, S Echegaray, M Pattichis, G Zamora, W Baumanc and P Soliz. Fast Localization of Optic Disc and Fovea in Retinal Images for Eye Disease Screening. *Proc. of the SPIE International Symposium on Medical Imaging*, 6147(6), 45-56 (2006)
- [19] V.Čekanavičius, G.Murauskas, *Statistika ir jos taikymai.* TEV Vilnius, 2008, ISBN 9955-491-16-7
- [20] Lawrence T. DeCarlo. On the Meaning and Use of Kurtosis. The American Psychological Association, Inc. 1082-989X/97
- [21] Anthony Neuberger. Realized Skewness. *Financ. Stud.* First published online September 28, 2012