

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS, FIZINIŲ IR BIOMEDICINOS MOKSLŲ FAKULTETAS
APLINKOTYROS IR FIZIKOS KATEDRA

Akvilina Gricevičiūtė

Optometrijos bakalauro studijų programa

SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMAS

THE RESEARCH OF COLOR PERCEPTION AND CONTRAST SENSITIVITY

BAKALAURO DARBAS

Darbo vadovė:

Doc. dr. V. Šlekienė

Šiauliai, 2017

PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas bakalauro baigiamasis darbas (*pavadinimas*) _____

SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMAS

1. Yra atliktas mano pačios;
2. Nebuvo naudotas kitoje mokslo ir studijų institucijoje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą panaudotos literatūros sąrašą.

2017 05 30

(data)

Akvilina Gricevičiūtė

(autorius vardas ir pavardė, parašas)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

2017 05 30

(data)

Akvilina Gricevičiūtė

(autorius vardas ir pavardė, parašas)

SANTRAUKA

Akvilina Gricevičiūtė. SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMAS.

Bakalauro darbas skirtas spalvų joslės ir kontrastinio jautrumo tyrimui. Darbo apimtis – 48 puslapiai. Baigiamąjį darbą sudaro 41 paveikslas ir 7 lentelės, išnagrinėti 24 literatūros šaltiniai.

Darbą sudaro trys skyriai. Pirmame skyriuje analizuojama mokslinė literatūra apie šviesos ir spalvų joslę bei kontrastinį jautrumą. Antrame skyriuje aprašoma tyrimo metodika spalvų joslės ir kontrastiniam jautrumui tirti. Trečiame, t. y. praktiniame skyriuje, analizuojami tyrimo metu gauti duomenys.

Viso tyrime dalyvavo 50 tiriamųjų, kurie buvo skirstomi į grupes pagal lytį, refrakcijos ydas ir amžių. Prieš atliekant tyrimą, buvo įvertintas regos aštrumas. Tyrime dalyvavo tiriamieji, kurių regos aštrumas – 0,9, 1,0 ir 1,25.

Gauti tyrimo rezultatai rodo, kad kontrastinis jautrumas priklauso nuo regos aštrumo. Taip pat pastebėta, kad kontrastinis jautrumas nuo 40 metų amžiaus yra mažesnis, lyginant su amžiaus grupe iki 40 metų. Analizuojant vyrų ir moterų kontrastinį jautrumą, skirtumų nepastebėta. Atlikus tyrimą nenustatyta, kad spalvų joslės turi įtakos refrakcijos ydos, regos aštrumas, amžius ir lytis. Koreliacija tarp spalvų joslės ir kontrastinio jautrumo negauta.

SUMMARY

Akvilina Gricevičiūtė. THE RESEARCH OF COLOR PERCEPTION AND CONTRAST SENSITIVITY.

The bachelor's thesis analyses colour perception and contrast sensitivity. The thesis consists of 48 pages, including 41 figures and 7 tables, examining 24 sources of literature.

The thesis comprises three chapters. The first chapter analyses scientific literature on light and colour perception as well as contrast sensitivity. The second chapter describes the research methodology for examining colour perception and contrast sensitivity, and the third, practical, chapter analyses the data obtained in the course of the research.

50 participants took part in the research. They were divided into groups by gender, refractive errors and age. Visual acuity was tested before conducting the research. Participants with visual acuity of 0.9, 1.0 and 1.25 took part in the research.

The obtained research results revealed that contrast sensitivity depends on visual acuity. Also, contrast sensitivity of people above 40 years of age was observed to be lower compared to the age group of participants up to 40 years old. No differences were observed when analysing contrast sensitivity of male and female. Having conducted the research, refractive errors, visual acuity, age or gender were determined to have no impact on colour perception. There was no correlation between colour perception and contrast sensitivity.

TURINYS

SANTRAUKA

SUMMARY

ĮVADAS	6
1. ŠVIESOS IR SPALVŲ JUSLĖ. KONTRASTINIS JAUTRUMAS.....	8
1.1. Žmogaus regos sistema.....	8
1.2. Šviesa. Matomų elektromagnetinių bangų spektras	12
1.3. Spalvinio regėjimo teorijos	17
1.4. Spalvinis matymas	20
1.4.1. Spalvų joslės sutrikimai	22
1.4.2. Spalvų joslės sutrikimų nustatymo metodai.....	26
1.5. Kontrastinis jautrumas	28
2. SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMO METODIKA	32
2.1. Bendroji tyrimo charakteristika. Tiriamųjų imtis	32
2.2. Prof. Ishiharos lentelių serijos spalvų sutrikimo nustatymo metodika	33
2.3. Pelli – Robson kontrastinio jautrumo tyrimo metodika.....	34
3. SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ	36
IŠVADOS	46
LITERATŪRA	47

IVADAS

Regėjimas – tai sudėtingas pojūtis, kuris leidžia žmogui pažinti jį supančią aplinką. A. Blužienė, V. Jašinskas „Akių ligų vadove“ rašo, kad regėjimo organas – tai sudėtinga neuroreceptorių sistema, priimanti ir analizuojanti matomų elektromagnetinių bangų spektro dirgiklius. Šviesos bangų jutimas yra visų regos funkcijų pagrindas. Šis jutimas įvairiose tinklainės vietose yra skirtingas. Pats šviesos jutimo procesas yra labai įdomus ir sudėtingas, apimantis biochemijos, fizikos, ląstelių fiziologijos, neurologijos sritis. Spalvų jutimas, kaip ir šviesos, atsiranda dėl fotoreceptorių dirginimo elektromagnetiniais virpesiais. Vienos ar kitos spalvos atpažinimas priklauso nuo tų virpesių dažnio, tai yra nuo spindulių bangos ilgio.

Spalvų suvokimas yra svarbi regos savybė, nes leidžia atskirti objektus, kai tarp jų nėra ryškio kontrasto. Spalvinė informacija padeda lengviau orientuotis mus supančioje margoje aplinkoje (Bulatov, Bertulis, 2008). Spalvos suvokimas priklauso tiek nuo šviesos, patenkančios į akių tinklainę (fizinis veiksnys), tiek nuo įvairių regos sistemos mechanizmų, sugebančių apdoroti šią informacijos srautą (subjektyvus veiksnys). Šviesos srautas, patenkantis į akių tinklainę, priklauso nuo šviesos šaltinio spektro bei regos lauke esančių objektų atspindžio faktoriaus. O sugebėjimas suvokti įvairių objektų spalvą priklauso ne tik nuo jų fizinių duomenų, bet ir nuo subjektyvių regos sistemos savybių arba įvairių neurofiziologinių procesų (Stanikūnas ir kt., 2004).

Kontrastinis jautrumas, apibūdinamas kaip gebėjimas atskirti vieną objektą nuo kitų, kurių yra panašios spalvos, šviesumas bei foninė aplinka. Esant sumažėjusiam kontrastiniam jautrumui pasidaro sunku vairuoti naktį, matyti žmones prietemoje, skaityti esant ne itin ryškiam apšvietimui, tampa sunku pamatyti kokią nors kliūtį, jei jo spalva yra labai panaši kaip ir aplinkos. Pasak tyrėjų, Sidorovos ir kt. (2014), su amžiumi žmonių regėjimas tampa vis prastesnis. Jie gali matyti didelius objektus, tačiau neįžiūrėti smulkių objektų ar detalių. Kontrastinio jautrumo testai yra labai jautrūs metodai, naudojami nustatyti regos sistemos sutrikimams, kurie gali padėti aptikti ligos pradžią, net ir tuo atveju, kai regėjimo aštrumas yra dar normalus.

Spalvų joslės, kaip ir kontrastinio jautrumo, sumažėjimas turi neigiamą įtaką gyvenimo kokybei ir tai sąlygoja nesugebėjimą orientuotis aplinkoje, negalėjimą vairuoti, taip pat tampa sunku atlikti kasdienes buitines darbus. Priežastys gali būti labai įvairios: katarakta, amžinė geltonosios dėmės degeneracija, pigmentinis retinitis ir kitos tinklainės ligos ar traumos.

Darbo tikslas – atlikti spalvų joslės tyrimą, naudojant Prof. Ishiharos sukurtas lenteles ir kontrastinio jautrumo tyrimą, naudojant Pelli – Robson testą.

Darbo uždaviniai:

- Išanalizuoti mokslinę literatūrą apie spalvų juslę, kontrastinį jautrumą ir jų nustatymo metodus;
- Įsisavinti Prof. Ishiharos sukurtų lentelių spalvų juslei tirti ir Pelli – Robson kontrastinio jautrumo testo tyrimo metodikas;
- Ištirti spalvų juslę ir kontrastinį jautrumą emetropų ir ametropų, nustatant priklausomybę nuo regos aštrumo, lyties, amžiaus bei refrakcijos ydų.
- Išanalizuoti ir pateikti gautus rezultatus.

Darbo metodai: mokslinės literatūros apie spalvų juslę ir kontrastinį jautrumą analizė, spalvų joslės ir kontrastinio jautrumo tyrimas testo metodu, statistinis duomenų apdorojimas naudojant SPSS Statistics V20.0. kompiuterinę programą.

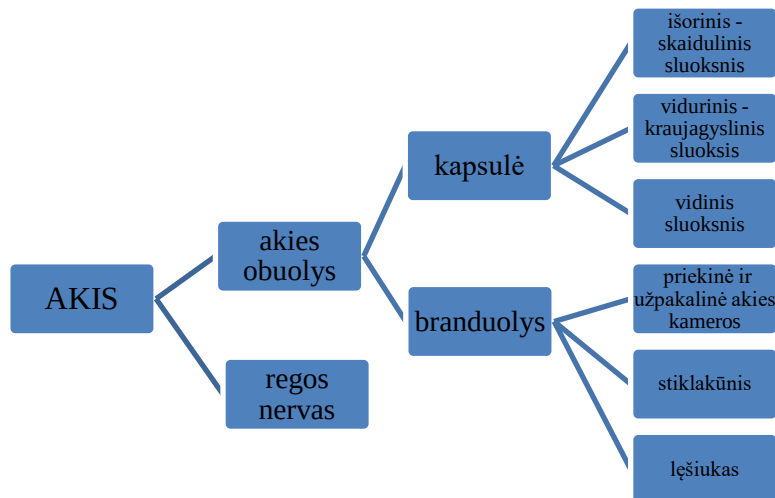
1. ŠVIESOS IR SPALVŲ JUSLĖ. KONTRASTINIS JAUTRUMAS

Regos dėka apie 90 % informacijos mes gauname apie mus supančią aplinką. Tad spalvos ir jautrumas kontrastui čia nemažai prisideda. Spalvų skyrimas ir kontrastinis jautrumas padeda mums orientuotis aplinkoje, o šių suvokimų trūkumai gali pabloginti gyvenimo kokybę atliekant įprastus kasdienes buities darbus, vairuoti ir t. t..

Siekiant įgyvendinti išsikeltus darbo tikslą ir uždavinius, pirmame skyriuje bus analizuojama mokslinė literatūra apie žmogaus regėjimo sistemą, šviesą ir matomų elektromagnetinių bangų spektrą, spalvinio regėjimo teorijas bei kontrastinį jautrumą.

1.1. Žmogaus regos sistema

Akis, *oculus* – periferinės regos analizatoriaus dalis, prisitaikiusi spinduliuojamai arba atspindėtai šviesai priimti. Ji sudaryta iš akies obuolio, *bulbus oculi*, regos nervo, *nervus opticus*, sujungto su galvos smegenimis, ir priedinių akies organų, *organa oculi accessoria* (Vitkus ir kt., 2003).



1 pav. Akies struktūra

Pirmame paveiksle matyti, kad akis yra sudaryta iš akies obuolio ir regos nervo, kuris kryžiuodamasis pereina į regėjimo zoną, esančią smegenų žievės pakaušinėje srityje. Akies obuolį sudaro kapsulė ir branduolys. Akies obuolio kapsulė susideda iš trijų sluoksnių, esančių skirtingos

struktūros. Išorinį – skaidulinį dangalą sudaro rageną ir odeną, vidurinį – kraujagyslinį dangalą sudaro rainelė, krumplynas ir gyslainė, vidinį – tinklainė. Branduolys susideda iš priekinės ir užpakalinės akies kameros, stiklakūnio ir lęšiuko.

Akies obuolio išorinio sluoksnio priekinėje dalyje yra rageną, kurios pagrindinė funkcija yra apsaugoti akį nuo mikroorganizmų patekimo į akies gilesnius sluoksnius bei šviesos laužimas ir perdavimas. Šviesos laužimas ragenoje vyksta dėl jos formos išgaubtumo bei didesnio jos laužiamosios galios indekso, kuris yra didesnis palyginti su oru. Tad ragenoje šviesos laužimas yra didžiausias (apie 43,00 D). Odeną sudaro atramą išoriniams akies raumenims, nepaisant to, kad ji yra labai plona.

Rainelės didžiąją dalį sudaro jungiamasis audinys, kuriame yra raumens skaidulų, kraujagyslių ir pigmentinių ląstelių. Pigmentinės ląstelės padengia jos užpakalinį paviršių. Rainelės centre yra anga – vyzdys, kurio dydis kinta priklausomai nuo apšvietimo stiprumo ir žmogaus amžiaus. Pagrindinės rainelės funkcijos – kontroliuoti šviesos patekimą į tinklainę ir sumažinti intraokulinės šviesos išsisklaidymą. Krumplynas yra ypatinga akies obuolio struktūra, jungianti rainelę su gyslaine. Jis gamina akies kamerų skystį ir tvirtinasi prie akies lęšiuko raiščiais, kuriais reguliuojamas lęšiuko išsigaubimas. Gyslainė, sudaryta iš kraujagyslių, jungiamojo audinio ir pigmentinių ląstelių, yra tarp odenos ir tinklainės. Ji aprūpina deguonimi išorinę tinklainės dalį ir ją maitina (Batterbury ir kt., 2009).

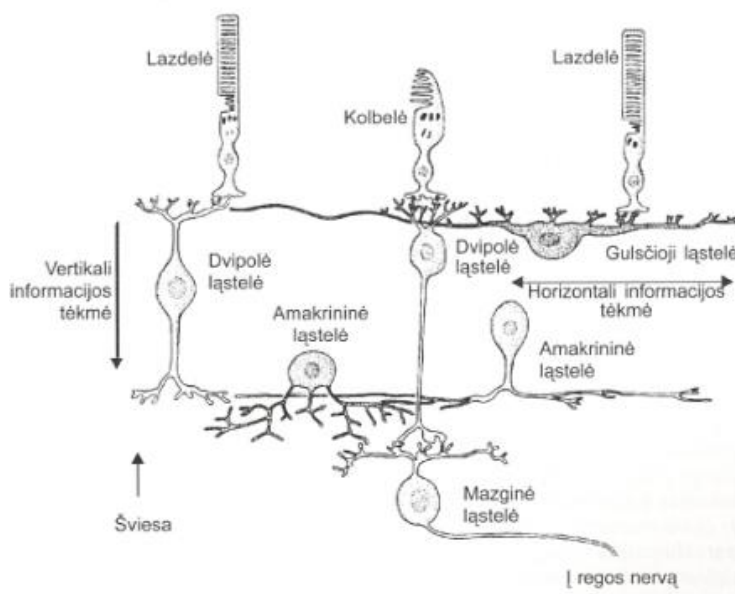
Tinklainė paverčia šviesos impulsą nerviniu impulsu. Ją sudaro neurosensorinė tinklainės dalis bei tinklainės pigmentinis epitelis. Šviesa turi praeiti pro tinklainės vidinius sluoksnius, kad pasiektų fotoreceptorius, stiebelius ir kūgelius, kurie šviesos energiją paverčia elektriniu impulsu. Taigi, tinklainė turi būti skaidri. Tinklainės vieta nuo kurios priklauso centrinis matymas, vadinama geltonąja dėme. Jos centre yra duobutė, nuo kurios priklauso aukštos kokybės centrinis regėjimas, o nuo likusios tinklainės dalies – periferinis matymas. Kūgeliai yra išsidėstę tinklainės geltonojoje dėmėje ir reguliuoja regėjimo aštrumą bei spalvų jutimą. Stiebeliai, nuo kurių priklauso matymas tamsoje ir judesių sekimas, išsidėstę visoje tinklainėje (Batterbury ir kt., 2009).

Priekinėje ir užpakalinėje kameroje kaupiasi akies skystis. Šis skystis reikalingas palaikyti tinkamą vidinį akies spaudimą. Priekinė kamera yra tarp rainelės ir ragenos, o užpakalinė – tarp užpakalinio rainelės paviršiaus ir priekinio lęšiuko paviršiaus. Abi kameras jungia vyzdys. Akies skystys taip pat yra laidus šviesos spinduliams. Lęšiukas yra abipus išgaubtos formos, neturintis kraujagyslių ir nervų, skaidrios minkštos konsistencijos kūnas, kuris praleidžia šviesos spindulius į

akį, suglaudžia juos ir dalyvauja akomodacijos procesuose. Lęšiuko laužiamoji galia apie 20,00 D. Su amžiumi lęšiukas drumstėja (atsiranda katarakta), praranda elastingumą, mažėja akomodacijos galia. Stiklakūnis praleidžia šviesos spindulius. Jis užpildo likusią akies obuolio ertmę ir suteikia jam formą. Regos nervas jungia tinklainę su smegenimis.

Šviesa, kuri patenka į akį iš tiesioginio šviesos šaltinio arba, kuri atsispindi nuo paviršių, praėjusi akies optinę sistemą, laužiama taip, kad praėję šviesos spinduliai ir patekę į tinklainę, turi susikirsti centrinėje duobutėje. Tinklainėje išsidėstę fotoreceptoriai absorbuoja šviesą ir sukelia nervinius signalus, kurie po to keliauja į galvos smegenis, kur ir yra analizuojama.

Tinklainės neuronų tinklas yra apie 200 μm storio. Šviesos paveikti fotoreceptoriai perduoda informaciją per dvipolės ląsteles į mazgines (ganglines) ląsteles (2pav.). Šie vertikalūs informacijos kanalai jungiasi vieni su kitais per gulsčiąsias (horizontaliąsias) ir amakrinines ląsteles. Mazginių ląstelių aksonai sudaro regos nervą (lot. *n.opticus*) (Kėvelaitis ir kt., 2006).



2 pav. Informacija tinklainėje perduodama vertikaliais ir horizontaliais keliais
(Kėvelaitis ir kt., 2006)

Antrame paveiksle matyti, kad šviesa turi praeiti keletą tinklainės ląstelių sluoksnių, kad pasiektų fotoreceptorius, kurie yra šalia pigmentinio epitelio. Vertikaliais informacijos keliais

fotoreceptorių dirginimas perduodamas į mazgines ląsteles per dvipolines ląsteles. Tuo pat metu yra aktyvinami horizontalūs perdavimo keliai per gulsčiąsias bei amakrinines ląsteles.

Regėjimas – tai sudėtingas pojūtis, leidžiantis žmogui pažinti jį supančią aplinką. Regėjimas susideda iš trijų komponentų: šviesos, optinių akies komponentų ir centrinės nervų sistemos (Davidovits, 2008). Pasak R. Pažuolytės ir kitų tyrėjų (2016), regos aštrumo tyrimas yra paprasčiausias ir dažniausiai naudojamas metodas, kuris leidžia įvertinti regėjimo funkciją. Šis tyrimas suteikia pradinę informaciją apie regos organo būklę. Kasmet atliekami tyrimai parodo, kad regos aštrumo pablogėjimas atsiranda dėl refrakcijos ydų, amžinės geltonosios dėmės degeneracijos, kataraktos, diabetinės retinopatijos ir glaukomos. Tikėtina, kad per tris ateinančius dešimtmečius žmonių, sergančių su amžiumi susijusiomis akių ligomis, skaičius padvigubės.

Regėjimo aštrumas (lot. *visus*) yra atvirkščiai proporcingas mažiausiam kampui α , kuriuo krintantys į tinklainę spinduliai dar atskiriami kaip du, skirtingi taškai:

$$Visus = 1/\alpha .$$

Kampas α matuojamas minutėmis ($1' = 1 / 60^\circ$). Regėjimo aštrumas didžiausias yra centrinėje duobutėje, o tinklainės periferijoje jis mažėja. *Visus* būna lygus 1, tik esant ryškiam dienos apšvietimui, o tamsoje daug mažesnis (0,1), nes tada centrinės duobutės kolbelės beveik nefunkcionuoja (Kėvelaitis ir kt., 2006).

Regėjimo aštrumą nulemia daug faktorių (Blužienė, Jašinskas, 2005):

1. Dioptrinis akies prietaisas.

Ydinga refrakcija: miopija, hipermetropija, astigmatizmas;

Optinių terpių drumstys – ragenos dėmės, katarakta, stiklakūnio drumstys.

2. Receptinis akies prietaisas.

Tiesioginiai tinklainės pažeidimai iš jos pačios pakitimų ir iš jos kraujagyslių ligų.

Netiesioginiai tinklainės pažeidimai, atsiradę dėl gyslainės ligų. Optinis laidas – regos nervo ir regos takų ligos.

3. Perceptorinis aparatas – žievinio optinio centro ligos.

Vien tik regėjimo aštrumo sumažėjimas neleidžia spręsti apie konkrečią akies ligą, tačiau papildoma informacija apie regėjimo aštrumo sumažėjimo pobūdį padeda diagnozuoti ligą.

1.2. Šviesa. Matomų elektromagnetinių bangų spektras

Senovės Graikijos mąstytojai, kurie neturėjo tvirto pagrindo ir nežinojo kas tai yra šviesa, teikė gana įdomias hipotezes apie ją. Demokritas buvo įsitikinęs, kad daiktai spinduliuoja savo atvaizdus ir pakliūdami į akis žmogui leidžia suvokti kokiu atstumu yra nutolę daiktai ar objektai. Platono pasekėjai teigė, kad šviesa tarsi savotiška telepatija, lyg tolimas psichinis veikimas. Labiausiai paplitęs mokymas anot pitagoriečių, kad šviesa – tai akių spinduliai, kurie atsispindėję nuo daiktų grįžta atgal į akis, pranešdami joms apie aplinkoje esančius objektus.

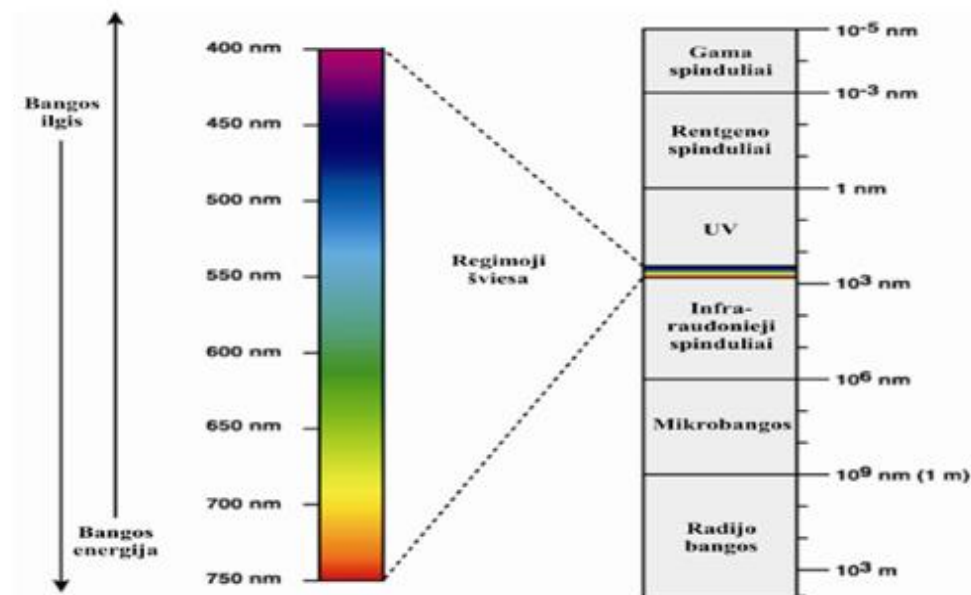
Pats šviesos jutimo procesas labai įdomus ir sudėtingas, apimantis biochemijos, fizikos, ląstelių fiziologijos, neurologijos sritis. Šviesos jutimui reikalingas regos pigmentas rodopsinas – tai baltyme esantis retinalis, A vitamino aldehidas. Retinalis gamtos atrinktas matymo procesui pačioje evoliucijos pradžioje. Visame gyvajame pasaulyje yra baltymas ir retinalis, jokio kito chromatoforo. Be to, retinalio yra įvairiuose izomeruose šešiolikos formų. Veikiamas šviesos jis gali izomeruotis (išsitiesinti). 11 – oji retinalio funkcija gamtoje regimoji, nes turi didžiausią kvantinį išėjimą, kuris retinaliui lygus 0,7, t. y. 70 % izomeruojasi. Kvantas reikalingas tam, kad retinalis izomeruotųsi. Šios reakcijos laikas – 1 pikosekundė. Kuomet retinalis išsitiesina – regėjimo procesas įvyko. Bet išsitiesinęs retinalis toliau sugeria šviesą ir paleidžia kenksmingas oksidacijos reakcijas, galinčias sudeginti fotoreceptorius. Kad to neįvyktų, akyje veikia dvi apsaugos sistemos: optinė, kurios aktyviausia dalis lęšiukas, efektyviai nufiltruojantis maksimaliai retinalio sugeriamus 400 – 380 nm spindulius, ir cheminė, neleidžianti vykti oksidacijai (Blužienė, Jašinskas, 2005).

Fizikoje šviesa vadinamos infraraudonosios, regimosios ir ultravioletinės spektro srities elektromagnetinės bangos. Jų diapazonas yra nuo $3 \cdot 10^{11}$ iki $3 \cdot 10^{16}$ Hz. Šnekamojoje kalboje šviesa vadinamos tik regimosios spektro srities elektromagnetinės bangos. Jų dažnių diapazonas apytiksliai yra $(7,5 - 4,0) \cdot 10^{14}$ Hz, o bangos ilgis vakuume – 380 – 770 nm (Požėla, Radvilavičius, 2008).

Šviesa yra energija, kuri paveikusi akį ir smegenis – matoma. Ilgus šimtmečius apie šviesos sampratą vyko diskusijos. Dabar yra trys optinio fenomeno aprašymo interpretavimai: fizinis, geometrinis ir kvantinis. Fizinė optika tiria šį fenomeną remdamasi bangų savybėmis. Geometrinė optika apibūdina šviesą kaip spindulius ir nagrinėja susietai su menamosiomis lęšių ir veidrodžių savybėmis. Kvantinė optika nagrinėja šviesos ir materijos sąveiką bei teikia tokį apibūdinimą, kad šviesa turinti ir bangos, ir dalelių (fotonų) charakteristikas (Blužienė, Jašinskas, 2005). Galima

teigti, kad šviesa – tai yra banga, praeinanti per orą ar vakuumą, ar kitas permatomas medžiagas. Šviesa taip pat turi ir dalelių savybių, kai ji absorbuojama ar generuojama šviesos šaltinio.

Saulės spinduliuojama šviesa (elektromagnetinės bangos) apibūdinama bangos ilgiu ir stipriu. Spinduliuojamos elektromagnetinės bangos yra labai įvairios: jos gali būti labai trumpos (bangos ilgiai nuo gama, rentgeno spindulių ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$) iki šilumos bei radijo bangų (1 mm, 1 cm, (TV) ir metrų). Tačiau akis jaučia elektromagnetinius virpesius tik siaurame bangų diapazone, kuris vadinamas matomu elektromagnetinių bangų diapazonu, arba tiesiog šviesa. Šis matomų bangų diapazonas yra nuo 380 nm iki 760 nm. Kodėl gamta pasirinko tokius receptorius, kurie jautrūs tik šiame diapazone? Visų pirma šiame diapazone atmosfera nesugeria tokių elektromagnetinių virpesių – tai ypač svarbu, kadangi saulės spinduliai, prieš apšviesdami objektus, turi pereiti per atmosferą. Jeigu mūsų receptoriai būtų jautrūs ilgoms bangoms, t. y. šiluminiais spinduliams, kūno šiluma trukdytų suvokti atspindimą nuo objektų signalą. O ultratrumposios bangos pavojingos biologiniams objektams. Jos gali sužaloti receptorius, sukelti mutacijas ir taip padidinti vėžio riziką (Vaitkevičius, 2002).



3 pav. Elektromagnetinių bangų skalė

Elektromagnetinių bangų skalė – tai visos elektromagnetinės bangos, kurios yra sudėtos į vieną eilę pagal bangos ilgį arba dažnį (3 pav.).

Elektromagnetinių bangų skalėje yra radijo bangos, ultravioletiniai spinduliai, rentgeno spinduliai, gama spinduliai ir regimieji spinduliai. Regimieji spinduliai užima mažą elektromagnetinių bangų skalės dalį. Regimojo diapazono tam tikro ilgio bangos sukelia atitinkamos spalvos pojūtį. Bangos ilgumas matuojamas nanometrais (nm). Vienas nm, tai – milijoninė milimetro dalis. 1 – oje lentelėje yra nurodyta, kokio ilgio bangos atitinka kiekvieną šviesos spalvos spektrą (Mizgiris, 2007).

1 lentelė

Bangos ilgio atitikmuo kiekvienam šviesos spalvos spektrui (Mizgiris, 2007)

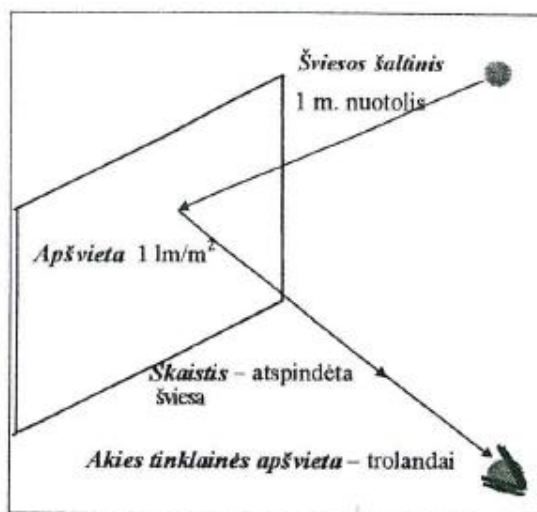
Spektro spalva	Bangos ilgis nm
Raudona	760 – 620
Oranžinė	620 – 590
Geltona	590 – 560
Žalia	560 – 500
Žydra	500 – 480
Mėlyna	480 – 450
Violetinė	450 – 380

Šviesos bangų jutimas yra visų regos funkcijų pagrindas. Šis jutimas įvairiose tinklainės vietose skirtingas. Topografiškai tinklainėje skiriama centrinė dalis *macula* apie 4,5 – 5,0 mm diametro temporaliau *n.opticus* disko. Jos centre yra *foveola* – 0,35 mm diametro, kur tinklainę sudaro tik neuroepitelis, su labai diferencijuotais kūgeliais. *Foveoloje* yra tik kūgeliai, o stiebelių visiškai nėra, o, tolstant link tinklainės periferijos, kūgelių tankis ploto vienetu mažėja, didėjant stiebelių tankiui, todėl ir atskirų tinklainės vietų funkcinės savybės skiriasi. Tinklainės centre esantys kūgeliai puikiai skiria objektų formą, spalvą, tačiau tinklainės periferija su dominuojančiais stiebeliais labai jautri šviesai, bet spalvų neskiria, o formą skiria silpniau (Blužienė, Jašinskas, 2005).

Kitas taip pat labai svarbus šviesos parametras yra šviesos stipris, kuris kinta dideliu diapazonu – nuo kelių kvantų iki tokių reikšmių, kurioms esant šviesa gali netgi pažeisti audinius. Fizikinėms (optinėms) objektų savybėms nusakyti dažniausiai naudojami šie dydžiai (Vaitkevičius, 2002):

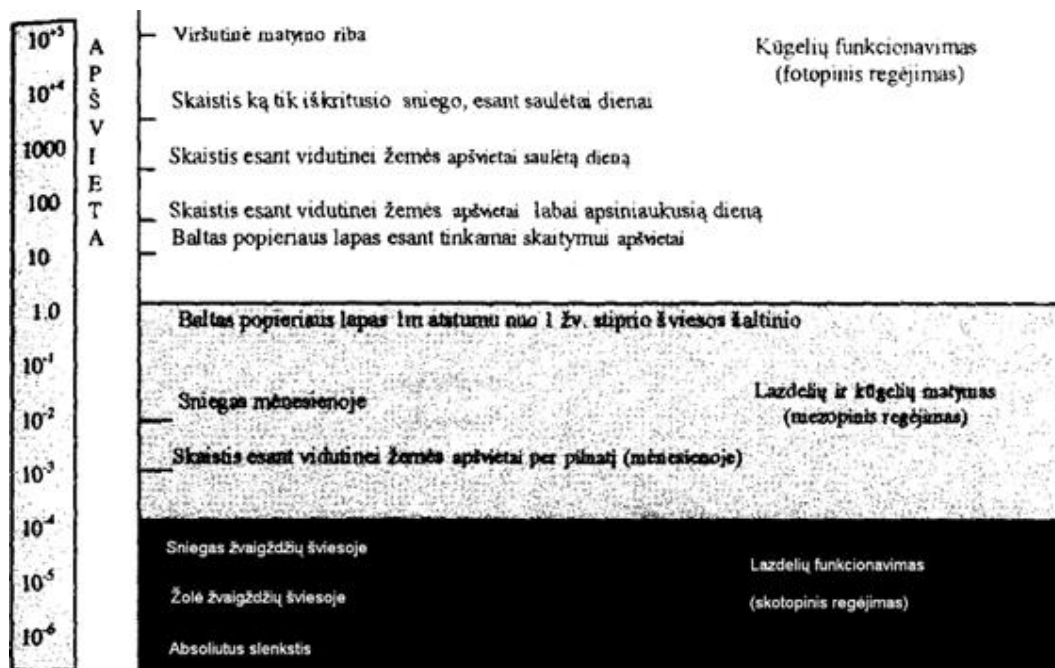
1. *Šviesos stipris* – jis nusako šaltinio spinduliavimo energiją. Šviesos stipris matuojamas kandelomis (cd). Tai šviesos srauto ir erdvinio kampo, į kurį šaltinis spinduliuoja šviesą, santykis: $I = \Phi / \omega$, [cd].
2. *Šviesos srautas*. $\Phi = I \cdot \omega$, [lm].
3. *Apšvieta*. Tai šviesos srautas, tenkantis paviršiaus plotui: $E = \Phi / S$. Jos vienetas yra liuksas (lx): $1 \text{ Lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$ – paviršiaus apšvietimas statmena kryptimi.
4. *Skaistis*. Šviesos stipris, kurį skleidžia vienetinio ploto paviršius jam statmena kryptimi. Jis matuojamas nitais: $1 \text{ nitas} = 1 \text{ cd} / \text{m}^2$.

Tinklainės apšvieta apibūdinama trolandais. Tai toks apšvietos vienetas, kurį sukuria 1 nito skaistis 1 mm^2 tinklainės plote.



4 pav. Fizikiniai regimojo stimulo parametrai (Vaitkevičius, 2002)

Šviesos stipris aplink mus keičiasi labai dideliu diapazonu, kartu dideliu diapazonu keičiasi ir apšvieta – nuo 10^{-6} iki 10^{+5} Lx, t. y. apšvieta keičiasi 10^{11} kartų. Kaip matome, žmogus geba matyti esant labai dideliame apšvietos diapazone (5 pav.) (Vaitkevičius, 2002).



5 pav. Realus pasaulio apšvieta (Vaitkevičius, 2002)

Tačiau regos tikslas yra ne fiksuoti šviesos stiprį, o pamatyti objektus, pastebėti net menkiausius įvairaus apšvietimo skirtumus, nes objektai vienas nuo kito gali labai mažai skirtis.

Kad pajustumė šviesą, ji turi sukelti nervų sistemos, konkrečiau, regos sistemos neuronų aktyvumo, reakcijos pokyčius. Vadinasi, turi būti elementas, kuris šviesos veikiamas generuotų elektrinį signalą, kintant šviesos parametrams. Toks jautrus šviesai elementas vadinamas fotoreceptoriumi (Vaitkevičius, 2002).

M. Illert bei R. Miliausko teigimu, regėjimas įmanomas labai skirtingomis apšvietimo sąlygomis. Natūralios žmogaus aplinkos šviesos skaistis svyruoja nuo $10^{-6} \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ (šviesa, kuri sklinda naktį iš debesuoto dangaus) iki $10^7 \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ (skaisti saulė, atspindėta didelių sniego laukų). Kolbelių sistema aktyvinama, kai yra daug šviesos (fotopinis regėjimas), o lazdelių sistema – kai mažai šviesos (skotopinis regėjimas). Lazdelės turi daugiau regėjimo pigmento negu kolbelės, todėl jos geriau sugeria šviesą. Joms būdingas didesnis signalo stiprinimas. Pakanka tik vieno fotono, kuris sukelia elektrinį lazdelės atsaką, o kolbelėje prireikia šimtų fotonų. Tad dienos šviesoje lazdelės būna maksimaliai aktyvintos, priešingai negu kolbelės.

Fotopinis regėjimas. Šiuo regėjimo metu kolbelių sistema aktyvi, o lazdelės neaktyvios, nes jų regėjimo pigmentas būna išblukęs. Kolbelės per amakrinines ląsteles slopina veikimo potencialų plitimą lazdelių aktyvintais jutimų keliais.

Skotopinis regėjimas. Šiuo regėjimo metu akies jautrumas šviesai didėja. Adaptaciją tamsai lemia regėjimo pigmento resintezė. Pirmoji adaptacija trunka iki 8 – 10 minučių ir priklauso nuo kolbelių pigmento resintezės. Toliau jautrumas didėja dėl lazdelių pigmento resintezės. O po 60 minučių pasidaro didžiausias jautrumas šviesai.

Prisitaikant prie šviesos svarbus yra neuroninis komponentas, t. y. receptijos laukų persitvarkymas. Silpnėjant apšvietimui, mažėja receptijos laukų centro ir periferijos antagonizmas, o didėjanti konvergencija į mazgines lazdeles lengvina jų aktyvaciją, todėl didėja jautrumas šviesai (Kėvelaitis ir kt., 2006).

Stiebelių ir kūgelių jautrumas šviesai yra skirtingas. Priklausomai nuo šviesos intensyvumo, nuo kurių priklauso fotoreptorių veikla, yra išskiriamos trys akies funkcinės galios būsenos (2 lentelė).

2 lentelė

Akies funkcinės galios

Akies funkcinė galia	Požymiai
Fotopinis (dieninis) matymas	Funkcionuoja tik kūgeliai, kai yra pakankamai intensyvus apšvietimas. Būdingas didelis regėjimo aštrumas bei geras spalvų jutimas. Išsidėstę tinklainės centrinėje dalyje. Bendras skaičius apie 6 mln..
Mezopinis (prieblandinis) matymas	Funkcionuoja stiebeliai. Būdingas nedidelis regėjimo aštrumas ir silpnas spalvų skirimas. Išsidėstę tinklainės periferijoje. Bendras skaičius apie 120 mln..
Skotopinis (naktinis) matymas	Funkcionuoja stiebeliai. Būdingas tik šviesos jutimas.

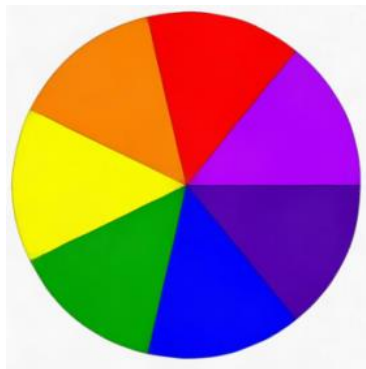
1.3. Spalvinio regėjimo teorijos

Akies sugebėjimas atskirti spalvas turi didelę reikšmę ne tik praplečiant informacijos diapazoną, bet ir veikiant psichofiziologiškai organizmo būklę, reguliuojant nuotaiką. Šiuo metu spalvų suvokimas aiškinamas keliomis spalvinio regėjimo teorijomis.

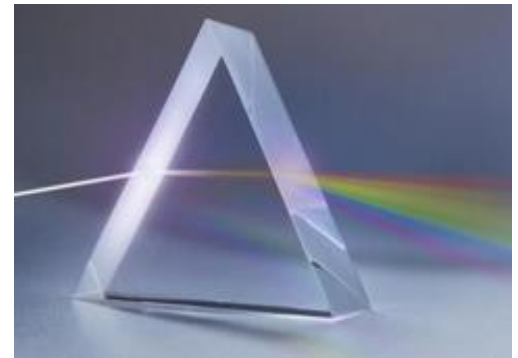
P. H. Vaitkevičius (2002) savo knygoje „Pojūčiai ir suvokimas“ pažymi du mokslininkus, kuriuos galėtume vadinti teorijų apie spalvas pradininkais. Jis rašo: „I. Niutonas pastebėjo, kad balta

šviesa, praėjusi pro siaurą plyšį, išsiskaido į atskiras skirtingų spalvų – violetinės, mėlynos, žalios, geltonos, oranžinės ir raudonos – šviesas, sudarančias vaivorykštę. Mokslininko nuomone, spalva yra skirtingų šviesų mišinys, todėl baltą spalvą galima gauti sumaišius visas vaivorykštės spalvas“. Pagrindines idėjas toliau iliustruoja pateikta diagrama (6 pav.), kurią sudaro vadinamasis Niutono apskritimas (<http://www.optometristams.lt/?p=260>).

Taigi, savo spėlionėmis apie baltos šviesos sudėtį 1666 m. I. Niutonas patvirtino nesudėtingu bandymu, kurio metu mažo skerspjūvio spindulių pluoštą jis nukreipė į stiklo prizmę. Patekęs į stiklinę prizmę ir pro ją praėjęs, šviesos spindulys lūždavo ir sudarydavo spalvoto spektro juostą (7 pav.). Jis išsiaiškino ir tai, kad įvairių spalvų spinduliai praėję stiklo prizmę lūžta nevienodu kampu.



6 pav. Niutono spalvų ratas



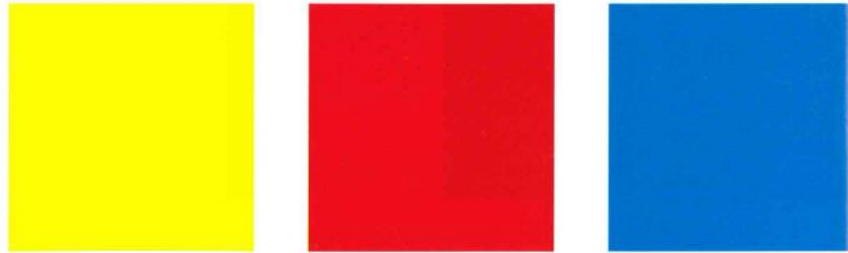
7 pav. Šviesos dispersija prizmėje

Visas vaivorykštės spalvas I. Niutonas išdėstė ratu: raudona, oranžinė, geltona, žalia, mėlyna, tamsiai mėlyna (indigo) ir violetinė. Visas kitas spalvas galime gauti įvairiomis proporcijomis sumaišius nurodytas apskritime. Jeigu, sumaišysime tas, kurios yra priešingose apskritimo dalyse, gausime baltą spalvą, o jeigu į mišinį pridėsime daug raudonos šviesos ir tik šiek tiek geltonos, gausime raudonai oranžinę spalvą (<http://www.optometristams.lt/?p=260>).

Žinomas poetas J. Gėtė, intensyviai tyręs spalvų suvokimą, kritikavo I. Niutoną sakydamas, kad spalva nėra fizikinis spalvų mišinys: pavyzdžiui, balta spalva yra daugiau nei dviejų spalvų mišinys, tai visiškai naujas pojūtis, o ne pojūčių mišinys. Praėjo daug metų, kol spalvų suvokimo tyrimai parodė, kad abu šie mokslininkai buvo teisūs (Vaitkevičius, 2002).

Trichromatinė (trikomponentė spalvų juoslės) teorija pirmą kartą buvo pateikta žymaus rusų mokslininko M. V. Lomonosovo 1757 m. ir rėmėsi raudona, mėlyna bei geltona spalvomis (8 pav.). M. V. Lomonosovas rėmėsi dailininkų patirtimi, nes, maišant šias spalvas, teoriškai gaunamos visos

likusios spalvos. Tačiau M. V. Lomonosovo teorijoje būta netikslumų. Vėliau šią teoriją plėtojo Young 1802 m., H. Helmholtzas 1905 m., kurie eksperimentais patvirtino spalvinio matymo trikomponentiškumą. 1802 m. Young padarė prielaidą apie trijų tipų fotoreceptorių egzistavimą, kurių kiekvienas jautrus skirtingiems matomos šviesos spinduliams (Būdienė ir kt., 2015).



8 pav. Pagrindinės spalvos (Mirgiris, 2007)

Apie 1850 m. H. Helmholtzas, kuris plėtojo šią trikomponentę spalvų joslės teoriją pasiūlė, kad trys kūgelių receptorių rūšys gali būti suklasifikuotos pagal skirtingos bangos sukeltą atsaką tinklainės fotoreceptoriams: trumpabangės – mėlyna, vidutinio ilgumo – žalia, ilgabangės – raudona. Ir taip skirtingi atsakai į trijų kūgelių rūšių sukeltus signalus, smegenų interpretuojami kaip matoma tam tikra spalva. Kaip pavyzdį galima pateikti, kad sumaišius skirtingomis proporcijomis raudoną, žalią ir šiek tiek mėlynos spalvas – gausime geltoną spalvą. Ir jau tuomet šia spalvinio matymo teorija buvo mėginama paaiškinti spalvinio aklumą buvimą. Ši Helmholtzo ir Youngo teorija niekaip negalėjo paaiškinti to, kad individai nematantys spalvų gali atskirti ir matyti geltoną spalvą. Tai buvo šios teorijos trūkumas.

Hering oponentinio mechanizmo teorija (1872 m.) teigia, jog receptorių regimoji informacija yra analizuojama oponentinių (priešingų) spalvų – raudonos / žalios, mėlynos / geltonos ir baltos / juodos principu ir, kad vienu metu matoma tik viena iš oponentinių spalvų, pvz., tik žalia ar tik raudona, bet niekada rausvai žalia. Vienos spalvos atsakai yra antagonistiniai kitos oponentinės spalvos atžvilgiu. Kai viena spalva sukelia jaudinantį efektą, t. y. ji yra slopinama. Oponentinės spalvos niekada nesuvokiamos tuo pačiu metu, nes regėjimo sistema negali būti tuo pačiu metu jaudinama ir slopinama. Trichromatinė ir oponentinio mechanizmo teorijos papildė viena kitą, viena atskleidė, kad spalvos matomos trijų skirtingų receptorių pagalba, kita daugiau įgalino suprasti spalvinio matymo suvokimo kelią nuo kūgelių iki galvos smegenų žievės (Būdienė ir kt., 2015).

Paminėtina Heringo (1876) teorija apie šešių spalvų atpažinimą: keturių chromatinų (raudonos, geltonos, žalios, mėlynos) ir dviejų achromatinių (baltos ir juodos). Minėtos spalvos atpažįstamos trijų rūšių receptorių porų: raudona – žalia, geltona – mėlyna, balta – juoda. Hartridge 1941 m. yra sukūręs polichromatinę teoriją, teigiančią, kad yra septynių rūšių receptoriai, o Veigertas teigia esant vienos rūšies receptorių, tam tikrais optikos dėsniais gebantį atpažinti visus atspalvius (Blužienė, Jašinskas, 2005).

1.4. Spalvinis matymas

Vokiečių fizikas Hermanas Helmholtzas, sistemindamas spalvas, nustatė, kad visos spalvos turi tris bendras charakteristikas arba požymius: toną, šviesumą ir sodrumą. Tonas apibrėžiamas kaip spalvinis pojūtis, atsiradęs veikiant regėjimo sistemą įvairaus ilgio ir dažnio šviesos bangomis. Tonas nusakomas žodžiais žalias, raudonas, geltonas ir t.t. Taigi tonas yra natūrali spalvos savybė, o natūrali spalvinių tonų skalė yra spektras. Žmogaus akis pagal toną gali skirti apie 150 spektro spalvų atspalvių. Achromatinės spalvos tono neturi, jos skiriasi viena nuo kitos šviesumo laipsniu (Būdienė ir kt., 2015).

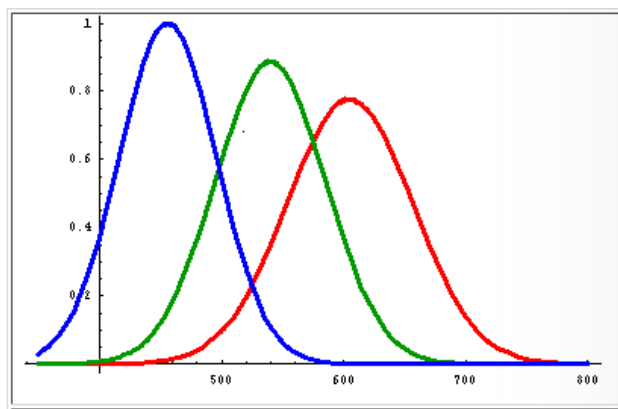
Spalvos šviesumas apibrėžiamas kaip spalvinės energijos kiekis, kuris priklauso nuo amplitudės. Žmogaus akis geba atskirti apie 600 šviesumo laipsnių. Šviesumo laipsniai išgaunami iš kiekvieno spalvinio tono. Tačiau reikėtų nepainioti spalvos spektrinio šviesumo nuo spalvos išbalinimo, kuris gaunamas apšvietimo priemonių pagalba. Spalva tuo blankesnė, kuo didesnis apšvietimas. Spalvos grynumą ir intensyvumą vadiname spalvos sodrumu. Spalva sodri ir intensyvi esant stipriai išreikštam spalvos tonui. Žmogaus akis gali skirti apie 10 spalvos sodrumo atspalvių.

Spalvų jutimas, kaip ir šviesos, atsiranda dėl fotoreceptorių dirginimo elektromagnetiniais virpesiais. Vienos ar kitos spalvos atpažinimas priklauso nuo tų virpesių dažnio, tai yra nuo spindulių bangos ilgio. Sąlyginai galima išskirti tris spalvų grupes (Blužienė, Jašinskas, 2005):

- Ilgabanges – raudoną ir oranžinę;
- Vidutinio ilgio bangas – geltoną ir žalią;
- Trumpabanges – žydrą, mėlyną, violetinę.

Kiekvieno tipo kūgeliai skirtingai reaguoja į skirtingo spektro šviesą. Kūgelio atsako priklausomybė nuo jį apšviečiančios vienodos energijos monochromatinės šviesos bangos ilgio

vadinama *kūgelio* (receptoriaus) *spektrinio jautrio funkcija*, arba charakteristika (9 pav.). Yra kūgelių, kurie jautresni trumpoms bangoms. Tai vadinamieji mėlyni, arba B (blue), receptoriai. Jie maksimaliai jautrūs monochromatinei 445 – 450 nm bangos ilgio šviesai. Kiti kūgeliai jautresni vidutinio ilgio bangos šviesai – G (green) receptoriai, kurie maksimaliai jautrūs 525 – 535 nm bangos šviesai, t.y. gelsvai žaliai spalvai. Trečias R (red) receptorius jautriausias 555 – 570 nm bangos ilgio monochromatinei, t.y. geltonai oranžinės spalvos, šviesai (Vaitkevičius, 2002).



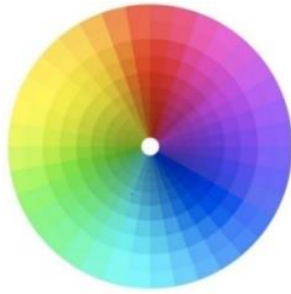
9 pav. Kūgelių spektrinio jautrio funkcija

(http://www.colourvision.info/daltonizmo_korekcija/daltonizmas.htm#a2)

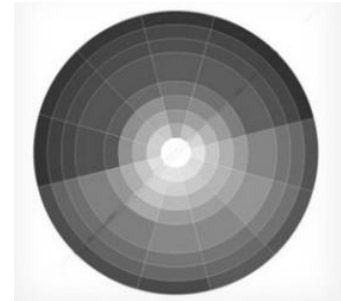
P. H. Vaitkevičiaus teigimu tinklainėje yra nevienodas įvairių kūgelių tipų skaičius. Mažiausia yra mėlynų receptorių. Centrinėje tinklainės dalyje jų beveik nėra, yra tik „žali“ ir „raudoni“ kūgeliai. G receptorių yra keturis kartus daugiau negu B receptorių, o R receptorių – 10 kartų daugiau negu B receptorių. Taigi, R, G, B receptorių santykis yra toks: 10:4:1.

Pagal šviesos bangų spindulių sugėrimą, atsispindėjimą ir praleidimą, spalvos skirstomos į dvi grupes (Mizgiris, 2007):

- chromatinės spalvos (gr. *chroma* – *chromatas* – spalvotos), kurių pagrindu yra spektro juosta ir kitos gamtoje esančios spalvos (10 pav.);
- achromatinės spalvos (pr. *achromatas* – bespalvis) – tai balta, juoda, pilka su visais šviesumo laipsniais (11 pav.).



10 pav. Chromatinės spalvos



11 pav. Achromatinės spalvos

1.4.1. Spalvų joslės sutrikimai

Spalvų joslės sutrikimai skirstomi į du pagrindinius sutrikimus, kurie gali būti įgimti ir įgyti. Įgyti sutrikimai vadinami daltonizmu. Šis sutrikimas vadinamas pagal anglų mokslininko F. Daltono pavardę. Mokslininkas buvo pirmasis, kuris aprašė protanopijos tipo sutrikimą, nes jį buvo patyręs pats. Tarp vyrų spalvinis jutimo sutrikimas pasitaiko dažniau — apie 8%, o tarp moterų — apie 0,5% atvejų.

Įgimtiems dichromatinio tipo sutrikimams klasifikuoti, kai vienas iš trijų jutimų išnyksta, Kries 1897 m. pavartojo terminus „protanopija“, „deiteranopija“, „tritanopija“ pagal graikiškai vadinamas pirmąją, antrąją, trečiąją pagrindines spalvas — raudoną, žalią, mėlyną. Atitinkamai pasiūlytiems Kries terminams „protanopija“ ir deiteranopija“ dichromatams, Nagel pasiūlė terminus „protanomalija“ ir „deiteranomalija“ anomaliniams trichromatams. Engelking 1925 m. išskyrė trečiąją anomalijos trichromazijos rūšį — tritanomaliją. Taigi pagal Kries ir Nagel klasifikaciją pagrindinės įgimtų spalvinių sutrikimų rūšys yra (Blužienė, Jašinskas, 2005):

- anomali trichromazija;
- dichromazija;
- monochromazija.

Anomali trichromazija dar skirstoma į tris porūšius:

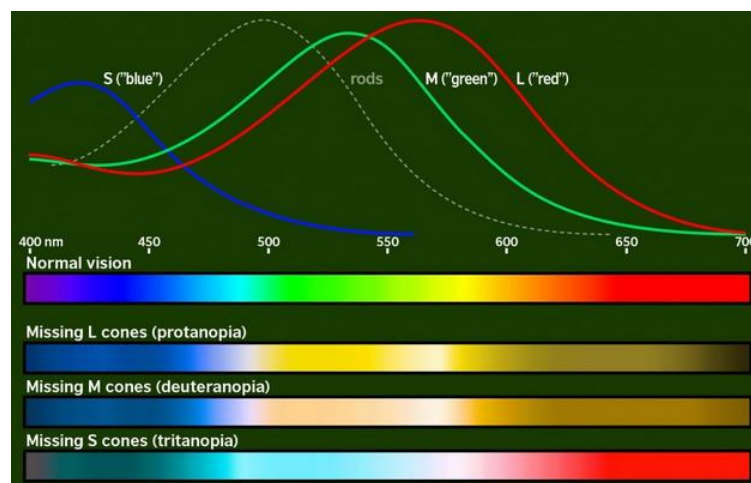
- a) protanomalija;
- b) deiteranomalija;
- c) tritanomalija.

Dichromazija taip pat skirstoma į tris porūšius:

- a) protanopija;

- b) deiteranopija;
- c) tritanopija.

Spalvinį regėjimą lemia normalus tinklainės kolbelių ir jų pigmentų funkcionavimas. Apšvietus tinklainę tam tikro ilgio šviesos bangomis, sužadinamos skirtingų tipų kolbelės, atitinkamai reaguojančios atitinkamą šviesos bangų ilgį. Iš spalvai jautrių tinklainės ganglinių ląstelių recepcinių laukų informacija apie spalvą perduodama priešingų spalvų neuronams, kurių recepcinio lauko centras reaguoja į vieną, o periferija į jai priešingą spalvą. Spalvų poros yra: raudona – žalia, mėlyna – geltona, juoda – balta. Jeigu neveikia nors vienas kolbelių tipas, spalvos suvokimas sutrinka. Nesant ilgų bangų pigmento kolbelėse (20 pav.), esti aklumas raudonai spalvai (protanopija). Nesant vidutinių bangų pigmento, neskiriama žalia spalva (deuteranopija), trūkstant trumpų bangų pigmento nustatomas aklumas mėlynai ir violetinei spalvai (tritanopija). Visiškai neskiria spalvų monochromatai, kurie neturi visų trijų pigmentų tipų. Dieną jie jaučia akinamą šviesos poveikį dėl didelio lazdelių jautrumo šviesai. Spalvinis regėjimas sutrinka ir tada, jei yra visi trys pigmentų tipai, tačiau vienas iš jų blogai funkcionuoja. Protanomaliija – susilpnėjęs raudonos spalvos, deuteranomaliija – silpnas žalios spalvos, tritanomaliija – susilpnėjęs mėlynos ir violetinės spalvos matymas (Lukauskienė, Jasinskienė, 2003).



20 pav. Matomas elektromagnetinių bangų spektras esant spalvų sutrikimui

(<https://www.scienceabc.com/humans/whats-is-like-to-be-colour-blind-test-your-colour-vision.html>)

Deuteranomaliija – yra labiausiai paplitusi daltonizmo forma. Esant šiam sutrikimui visos spalvos šiek tiek praranda savo ryškumą, bet labiausiai nukenčia žalios ir raudonos spalvos

suvokimas. maždaug apie 4,63 % vyrų ir 0,36 % moterų kenčia nuo tokio tipo spalvų aklumo. Tačiau daugelis iš jų apie tai nežino.

Protanopija – pasireiškia tik 1 % vyrų. Raudonos ir žalios spalvos atspalviai atrodo blankūs, tačiau geltonus ir mėlynus atspalvius mato normaliai.

Tritanopija – žmonės turintys šio tipo sutrikimą visas spalvas mato žaliais ir rožiniais atspalviais. Tai itin retas sutrikimas, kuris pasireiškia 0,0001 % vyrų ir moterų.



21 pav. Spalvų suvokimas esant sutrikusiam spalviniam matymui
(<https://akiuklinika.lt/daltonizmas-kaip-tai-atrodo/>)

H. Vaitkevičius (1997) knygoje rašo, kad ne visi vienodai spalvas mato. Vieni visai nemato spalvų, jie vadinami monochromatais. Tokių žmonių nedaug. Daugiausia yra žmonių, kurie vadinami dichromatais, t.y. kurių visas suvokiamas spalvas galima gauti maišant tik bazines. Pagal spalvų regėjimo ypatumus monochromatai skirstomi į grupes:

- kai kurie žmonės (jų yra nedaug) negali fotopiškai matyti, kartu ir regėti spalvų. Šis defektas gali būti įgimtas arba apsinuodijimo cheminėmis medžiagomis rezultatas. Tokie žmonės regos lauko centre, kur normalių stebėtojų yra kūgeliai, mato tamsią dėmę, jie bijo šviesos, pasireiškia vadinamoji šviesofobija. Spektrinio jautrio kreivė turi maksimumą esant 510 nm. Šie požymiai liudija, kad monochromatų tinklainėje nėra kūgelių, o tik lazdelės.

- kiti žmonės, nors ir neskiria spalvų, bet gali fotopiškai matyti. Jų regos aštrumas yra normalus. Manoma, kad šių žmonių tinklainėje yra tik vieno tipo kūgeliai ir lazdelės. Spektrinio jautrio kreivė esant fotopiniam apšvietimui yra 545 nm.
- įgimtas spalvų neskyrimas labai retas reiškinys. Maždaug tik 0,003 % vyrų ir 0,002 % moterų turi šį defektą.
- plačiau yra paplitę dichromatai, kurių suvokiamas spalvas galima gauti maišant dvi bazines. Taigi, galima teigti, kad dichromatų tinklainėje yra tik dviejų (vietoje trijų) tipų kūgeliai.

Pirmasis dichromaziją prieš 200 metų aprašė anglų mokslininkas J. Daltonas – žmogus, kuris pats buvo dichromatas. Šio mokslininko garbei dichromatai dar vadinami daltonikais, o jų defektas – daltonizmu. Dichromatai yra trijų tipų. Vienų iš jų tinklainėje yra tik (B, G) kūgeliai (trūksta R kūgelių). Šie dichromatai vadinami protanopais. Kiti dichromatai turi tik (B, R) kūgelius (trūksta G kūgelių). Jie vadinami deuteranopais. Trečių tinklainėje yra tik (G ir R) kūgeliai (trūksta B kūgelių). Pastarieji vadinami tritanopais (Vaitkevičius, 1997).

Dichromazija yra įgimtas spalvų matymo defektas, kurį dažniau turi vyrai negu moterys. Maždaug 1 % visų vyrų yra protanopai, 1,1 % vyrų yra deiteranopai ir 0,002 % vyrų yra tritanopai. Tarp moterų 0,02 % yra protanopių, 0,01 % deiteranopių ir 0,001 % tritanopių. Buvo dedama daug pastangų išgydyti dichromaziją. Tačiau nežinoma nei vieno atvejo, kad tai būtų pavykę. Tiesa, yra atvejų, kai spalvų regėjimo pokyčiai būna dėl galvos smegenų sutrikimo. Šiais atvejais, kai žmogaus tinklainėje yra visų trijų tipų kūgeliai, spalvų regėjimo sutrikimai gali būti šalinami. Pagrindinės dichromatų savybės aprašytos trečioje lentelėje (Vaitkevičius, 1997).

3 lentelė

Pagrindinės dichromatų savybės (Vaitkevičius, 1997)

Dichromazijos tipas	Kūgeliai tinklainėje	Maksimalus spektrinis jautris, nm	Monochromatinė spalva suvokiam kaip balta, nm
Protanopija	G ir R	545	493
Deiteranopija	B ir R	560	497
Tritanopija	R ir G	560	570

Praktiškai yra labai svarbu nustatyti, ar žmogus yra trichromatas ar dichromatas. Yra žinoma atvejų, kad traukinio avarijos įvyko, vien todėl, kad mašinistas neskyrė šviesoforo spalvų. Dažnai

pats žmogus nesuvokia, kad jis yra dichromatas, kadangi nė vienas iš mūsų žodžiais negali nusakyti, kas yra geltona ar žalia spalva. Žmogus išmoksta, kad viena šviesa yra vadinama žalia, o kita – geltona, ir gyvenime lengvai naudojasi šiomis sąvokomis, neįtardamas, kad jo spalvos pojūtis skiriasi nuo kito žmogaus spalvos pojūčio.

1.4.2. Spalvų joslės sutrikimų nustatymo metodai

Visus spalvų joslės tyrimo metodus galima suskirstyti į tris grupes: 1) pigmentiniai, 2) spektriniai, 3) pagalbiniai (Blužienė, Jašinskas, 2005):

1. Seebeck 1873 m. pasiūlė 300 pigmentų rinkinį, 1855 m. Wilson pasiūlė portatyvinį spalvinių objektų rinkinį, 1878 m. Holmgrenas pasiūlė vilnionių siūlų vijas 10 cm storio, kurios skyrėsi spalvos atspalviu, sodrumu ir ryškumu. Rinkinyje buvo 133 objektai, iš jų trys pagrindiniai – raudonos, žalios ir purpurinės spalvos, kuriems reikėjo parinkti likusius.
2. Pigmentiniai metodai – tai tyrimai lentelėmis, sudarytomis Stilling 1876 m. pasiūlytu pseudoizochromatizmo principu. Fone, sudarytame iš nustatytų spalvotų taškų ir kitų mozaikinių vaizdų, išdėliotos kitos spalvų dėmės, normaliai skiriantiems spalvas žmonėms, sudarančios skaičius. Žmonės, turintys spalvų joslės sutrikimų, tų skaičių neskiria. Sovietų Sąjungoje pirmąsias lenteles spalvų jusei tirti sukūrė Rabkin 1936 m. Nagel 1907 m. sukūrė spektrinį anomaloskopą. Jame prizmės pagalba gautoje spektrinėje juostoje trijų plyšių pagalba išskiriami trys spektro ruožai, atitinkantys raudoną spalvą 671, žalią 535 ir geltoną 589 milimikrometrų bangos ilgio linijas. Anomaloskopu galima diferencijuoti protanopiją, deiteranopiją, protanomalią ir deiteranomalią.
3. Papildomiems metodams galima priskirti kontrastinius metodus, vyzdžio reakcijas į spalvinės šviesos dirgiklius tyrimus, spalvų jutimo slenksčių nustatymo metodus, kompiuterines spalvų jutimo tyrimo programas, spalvinę elektroretinografiją.

**Dažniausiai atliekamų tyrimų spalvų joslės sutrikimams nustatyti, defektuotės tipo
ir jautrumo palyginimas, trūkumai ir privalumai (Būdienė ir kt., 2015)**

Spalvų joslės tyrimo pavadinimas	Principas, kuriuo remiantis atliekamas tyrimas	Spalvų joslės defektuotės nustatymas	Testo jautrumas	Testų privalumai ir trūkumai
Ishiharos testas (pseudoizichromatinių plokštelių rinkinys)	Spalvų maišymas	Tik raudonos – žalios spalvų defektuotė	Labai jautrus	Sunku atlikti ikimokyklinio amžiaus vaikams
A. O. H – R – R testas (Hardy – Rand – Rittler)	Įsodrinimas	Raudonos – žalios, mėlynos – geltonos spalvų defektuotė	Gali neparodyti švelniai raudonos – žalios spalvų defektuotės	Tinka įvairiose amžiaus grupėse
„Farnsworth D – 15 Panel“ testas	Spalvų maišymas	Raudonos – žalios, mėlynos – geltonos spalvų defektuotė	Tik anomalinei trichromatopsijai ir dichromatopsijai nustatyti	Lengvai atliekamas
Farnsworth – Munsell 100 atspalvių testas	Atspalvio atpažinimas (skyrimas)	Raudonos – žalios, mėlynos – geltonos spalvų defektuotė	Labai jautrus	Dėl trukmės yra gana varginantis
Nagel anomaloskopas	Šviesumo palyginimas	Tik raudonos – žalios spalvų defektuotė	Labai jautrus	Geras testas, tačiau reikalauja patyrusio tyrėjo
Sloan achromatopsijos testas	Atspalvio – šviesumo lyginimas	Nustatoma tik achromatopsija	Jautrus	Lengvai atliekamas

1.5. Kontrastinis jautrumas

Kontrastinis jautrumas apibūdinamas kaip gebėjimas atskirti vieną objektą iš kitų, kurių yra panašios spalvos, šviesumas bei foninė aplinka. Esant sumažėjusiam kontrastiniam jautrumui pasidaro sunku vairuoti naktį, matyti žmones prietemoje, skaityti esant ne itin ryškiam apšvietimui. Taip pat tampa sunku pamatyti laiptą ar kokią nors kitą kliūtį, jei jo spalva yra labai panaši kaip ir aplinkos. Kontrastinio jautrumo sumažėjimo priežastys gali būti įvairios. Tai katarakta, glaukoma, diabetinė retinopatija, operacijos pasekmės ar įgytos traumos. Kontrastinio jautrumo pokyčiai leidžia nustatyti regos aštrumo pakitimus labai anksti, kai regos aštrumas yra visiškai normalus.



12 pav. Normaliai matantys, bet turintys žemą kontrastinį jautrumą žmonės gali įžiūrėti medžius apatinėje dalyje ryškiai – aukštas kontrastas, bet neįžvelgti kontūrų kalnų viršutinėje dalyje – žemas kontrastas (<http://www.allaboutvision.com/eye-exam/contrast-sensitivity.htm>)

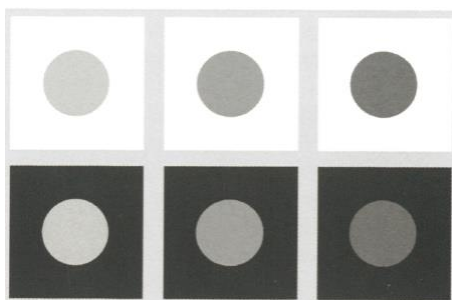
Apytiksliai nuo 40 metų prasideda optinių ir neuroninių regimosios sistemos savybių degeneraciniai pakitimai, kurie lemia nuolatinį regos aštrumo mažėjimą. Žmonėms senstant, jų regėjimas tampa ne toks ryškus; jie gali gerai matyti didelius daiktus, bet sunkiai įžiūrėti smulkius su smulkiomis detalėmis. Žmogui senstant, vystosi senatvinė miozė, akies lęšiukas tampa mažiau skaidrus, standėja, mažėja akomodacijos ir konvergencijos rezervai. Šie pakitimai mažina šviesos patekimą į tinklainę. Kai kurie autoriai nurodo, kad jau nuo 20 metų kontrastinis jautrumas pradeda mažėti. Manoma, kad tai vyksta dėl nykstančio tinklainės ganglinių ląstelių sluoksnio. Ganglinės ląstelės padeda nustatyti kontrastą ir gerai įvertinti šviesos intensyvumo skirtumą (Liutkevičienė ir kt., 2011).

Normalus spalvų jutimas taip pat gali būti skirtingas, nes jį veikia akių adaptacijos būklė:

1) tik ką buvęs spalvinis įspūdis – sukcesinis kontrastas; 2) aplinkos vaizdo spalvos atspalvis – simultaninis kontrastas. Ilgai žiūrint į raudoną foną, jis palengva šviesėja ir gelsvėja. Tuomet pažvelgus į žalią spalvą, ji bus nepaprastai ryški. Akis, ilgai žiūrėjusi į kurią nors spalvą, darosi juslesnė papildomai spalvai – tai sukcesinis kontrastas. Panašiai pasidaro, pavyzdžiui, ilgai žiūrėjus į raudoną popieriaus lapą, ir pažvelgus į baltą – pasirodys žalias povaizdis, ir atvirkščiai. Mažas raudonas objektas žaliame fone atrodys labai ryškus, o juodame bus balkšvo atspalvio; du to paties pilko atspalvio objektai juodame ir baltame fone atrodys skirtingo intensyvumo – tai simultaninio kontrasto reiškiny (Blužienė, Jašinskas, 2005).

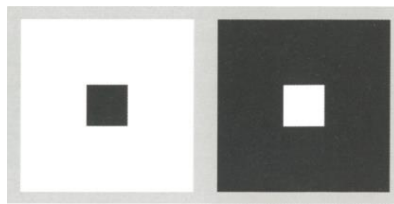
A. Jonaičio knygoje rašoma, kad kontrastai dalijami į dvi rūšis: achromatinis ir chromatinis kontrastai. Abiejų rūšių kontrastai skiriasi: vienalaikis, sekos, sodrumo, tarpinis, kraštinis.

Spalvos keitimasis dėl šalia jos arba aplink ją esančių kitų spalvų, kurios lemia tą spalvos keitimosi įspūdį, vadinamas *vienalaikiu kontrastu*. Šis kontrastas taip pat gali būti šviesos ir chromatinis. Pavyzdžiui, pilka spalva šalia juodos atrodo daug šviesesnė nei prie baltos (13 pav.), oranžinė spalva raudoname fone atrodys šviesesnė, o geltonoje ji bus tamsesnė.

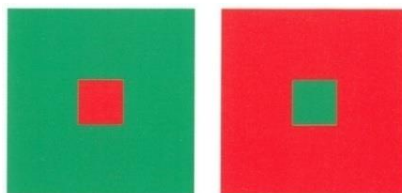


13 pav. Pilka spalva baltame ir juodame fone (Jonaitis, 2009)

Sekos kontrastas – akies gebėjimas sukurti priešingą spalvą, nei buvo prieš tai pastebėta. Gali būti šviesos ir chromatinis. Pirmuoju atveju keičiasi spalvų šviesumas, antruoju – spalvos tonas ir sodrumas. Jei ilgai žiūrėsime į juodą kvadratą baltame fone, užsimerkus iškils baltas kvadratas juodame fone (14 pav.). Taip pat analogiškai veiksmai būdingi ir chromatinėms spalvoms, pavyzdžiui, stebint raudoną kvadratą žaliame fone (15 pav.).

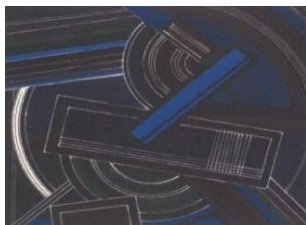


14 pav. Juodas kvadratas baltame fone ir atvirkščiai (Jonaitis, 2009)

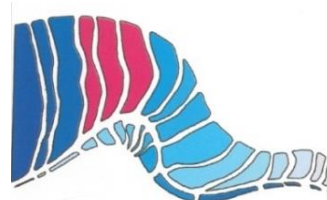


15 pav. Raudonas kvadratas žaliame fone ir atvirkščiai

Sodrumo kontrastas – pastebimas priešinant achromatines spalvas su chromatinėmis. Tokiu būdu juodame ar tamsiai pilkame fone visos spalvos sumažina savo sodrumą ir, priešingai, baltame ar šviesiai pilkame – padidina (16, 17 pav.) (Jonaitis, 2009).



16 pav. Sodrumo kontrastas



17 pav. Sodrumo kontrastas

Tarpinis kontrastas. Tarpinis kontrastas matomas tarp dviejų dažytų plotų, kai šalia yra dvi spalvų juostos, išsiskiriančios šviesumu arba skirtingomis spalvomis. Achromatinių spalvų atveju dalis šviesios juostos, esančios šalia tamsios, atrodys šviesesnė (jaučiama erdvė). Chromatinių spalvų atveju tarpinė juosta veikia taip pat kaip ir vienkartinis kontrastas (18, 19 pav.) (Jonaitis, 2009).



18 pav. Tarpinis achromatinių spalvų kontrastas



19 pav. Tarpinis chromatinių spalvų kontrastas

Kraštinis (ribinis) kontrastas – iškyla tarp dviejų, šalia esančių, skirtingų paviršių pakraštyje. Ypatingai šis kontrastas išryškėja, kai šalimais išdėstytos dvi juostos, skirtingo šviesumo arba spalvos. Dalis šviesaus ploto, kuris yra arčiausiai prie tamsaus, bus šviesesnė. Praktiškai ribinis ir vienašalis kontrastas visada būna kartu, tik vieną kartą ryškesnis būna vienas iš jų, o kitą kartą kitas. Maža šviesi dėmė tamsiame fone padarys beveik nepastebimą ribinį kontrastą. Pagrindinė kontrasto atsiradimo sąlyga yra kontrastuojančių spalvų išdėstymas atitinkamai viena šalia kitos (Jonaitis, 2009).

2. SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMO METODIKA

2.1. Bendroji tyrimo charakteristika. Tiriamųjų imtis

Spalvų joslės ir kontrastinio jautrumo tyrimas buvo atliktas 2017 m. kovo – balandžio mėnesiais. Tyrimui buvo naudojami šie testai: spalvų joslėi – Prof. Ishihara 38 lentelių serija (kompiuterinis variantas) ir kontrastiniam jautrumui – Pelli-Robson kontrastinio jautrumo nustatymo testas.

Tyrimas buvo atliekamas UAB „Baltoptik“ Fielmann optikoje, Vilniaus mieste. Tyrime dalyvavo 50 tiriamųjų. Prieš pradedant tyrimą, kiekvienam tiriamajam buvo iširta: refrakcijos ydos, regos aštrumas. Tyrimui pasirinkti asmenys, kurių regos aštrumas buvo įvertintas dešimtaine sistema – 0,9, 1,0 ir 1,25 ribose. Buvo gautas kiekvieno tiriamojo sutikimas dalyvauti tyrime ir paaiškinta kokių tikslu atliekamas tyrimas, kiek apytiksliai bus sugaišta laiko ir kokiam tikslui bus naudojami gauti duomenys. Tiriamųjų pasiskirstymas pagal lytį, amžiaus grupes ir refrakcijos ydas, atsispindi žemiau pateiktose lentelėse (5, 6, 7 lentelės).

5 lentelė

Tiriamųjų pasiskirstymas pagal lytį

Lytis	N	%
Vyras	20	40,0
Moteris	30	60,0

6 lentelė

Tiriamųjų pasiskirstymas pagal amžiaus grupes

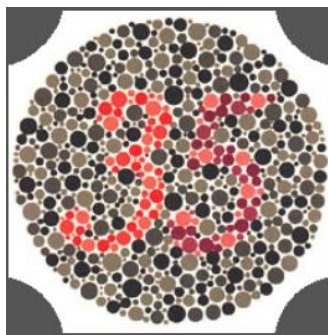
Amžiaus grupė	N	%
Iki 40 m.	26	52,0
Nuo 40 m.	24	48,0

Tiriamųjų pasiskirstymas pagal refrakcijos ydas

Refrakcijos ydos	N	%
Emetropai	16	32,0
Trumparegiai	16	32,0
Toliaregiai	18	36,0

2.2. Prof. Ishiharos lentelių serijos spalvų sutrikimo nustatymo metodika

Pigmentinis spalvų joslės tyrimo metodas, sudarytas pseudoizochromatizmo principu, vienas iš dažniausiai naudojamų spalviniam sutrikimui nustatyti. Tyrimui naudojamos lentelės, kurių fonai sudaryti iš nustatytų spalvotų taškų ar kitų mozaikinių vaizdų. Normaliai spalvas skiriantys žmonės lengvai atpažįsta lentelėse esančius skaičius ar vaizdus, o turintys spalvų joslės sutrikimus, nemato tų skaičių ar figūrų. Kaip pavyzdį, galima pateikti 22 paveikslą, kuriame pavaizduota viena iš tyrimo lentelių. Neturintis spalvinio sutriko žmogus mato lentelėje skaičių – 35, deuteranopas mato – 3, o protanopas – 5.



22 pav. Lentelė spalvų joslės tirti

(<http://www.color-blindness.com/ishihara-38-plates-cvd-test/#prettyPhoto/0/>)

Vienai iš tiriamojo darbo dalių bus panaudotas šis metodas, kad išsiaiškintume ar tiriamieji turi spalvinį sutrikimą ir koks jis yra (nėra, nežymus, vidutinis ar stiprus). Šis testas yra sudarytas iš 38 lentelių. Tai greitas ir patikimas būdas spalvų pojūčio sutrikimams tirti ir dažnai diagnozuojama visai netikėtai pačiam žmogui. Prof. Ishiharo lentelių serija sukurta nustatyti raudonos – žalios spalvų suvokimui tirti. Šio tyrimo metodo ypatybė yra ta, kad geltoni ir mėlyni atspalviai atrodo

aiškūs, lyginant su raudonais ir žaliais atspalviais. Šiam testui naudojamos 38 lentelės. Nuo 1 iki 25 lentelėse nurodyti skaičiai, kuriuos tiriamieji turi atpažinti (1 lentelė yra matoma visiems, tam, kad tiriamasis žinotų ko iš jo norima), 22 – 25 lentelės skirtos detalizuoti sutrikimą, o 26 – 38 lentelės naudojamos, jei tiriamasis neatpažįsta skaičių, nes jose yra pavaizduotos linijos, kurias reikia sekti rašikliu ar panašiu daiktu. Tiriamajame darbe naudotos visos lentelės.

2.3. Pelli – Robson kontrastinio jautrumo tyrimo metodika

Kontrastinio jautrumo testai dažnai yra atliekami regėjimo patikros metu. Testai turi būti atliekami su turimais korekciniais akiniais ar kontaktiniais lęšiais. Kontrastinio jautrumo testai atliekami prieš vyzdžio plėtimo procedūrą ir juos tikslingiausia atlikti iš pradžių monokuliariai (dangstant po vieną akį), o po to binokuliariai (abiem akim).

Vienas iš dažniausiai naudojamų testų kontrastiniam jautrumui nustatyti yra Pelli – Robson lentelė. Ji sudaryta iš horizontalių raidžių eilių, kaip ir Sneleno optotipai. Bet vietoje to, kad raidžių dydis mažėtų, mažėja jų kontrastas, o dydis išlieka toks pat (23 pav.). Lentelę sudaro 8 eilutės, o kiekviena eilutė susideda iš dviejų tripletų (bendras tripletų skaičius – 18), kurios kiekvienas tripletas yra vis mažesnio kontrasto.

V R S K D R	1 eilutė - 0,00-0,15 log	prarastas KJ
N H C S O K	2 eilutė - 0,30-0,45 log	žemas KJ
S C N O Z V	3 eilutė - 0,60-0,75 log	
C N H Z O K	4 eilutė - 0,90-1,05 log	vidutinis KJ
N O D V H R	5 eilutė - 1,20-1,35 log	
C D N Z S V	6 eilutė - 1,50-1,65 log	normalus / aukštas KJ
K C H O D K	7 eilutė - 1,80-1,95 log	
R S Z H V R	8 eilutė - 2,10-2,25 log	

23 pav. Pelli – Robson testas

Tiriama iš vieno metro atstumo. Lentelės dydis 90 x 60 cm. Tiriamasis turėjo įvardinti paskutinį dar gerai matomą pilną trijų raidžių tripletą. Jei nors viena raidė iš tripleto nepasakoma,

užrašomas prieš tai visiškai įvardintas. Pagal tai, kiek jis išvardino tripletų, buvo vertinamas jo kontrastinis jautrumas

(http://www.richmondproducts.com/files/5813/2156/6974/PelliRobson_and_Accessories_Tech_Bulletin_No_Price_070411.pdf).

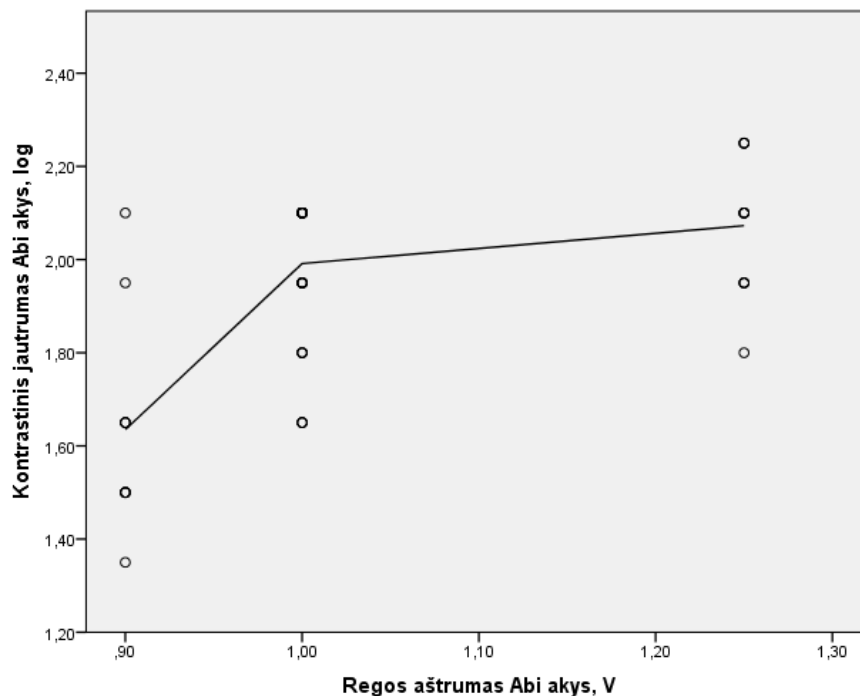
Pagal Lietuvos higienos normos reikalavimus HN 98: 2000, darbo patalpoje, kurioje nuolat dirbama ir nėra natūralaus apšvietimo, apšvieta neturi būti didesnė kaip 750 lx (<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854>). Kad gautume tinkamus ir neiškreiptus rezultatus apšvietimas atliekant šį testą turi būti 85cd/m². Per didelis ar per mažas apšvietimas gali pakenkti tyrimo rezultatams. Todėl tam, kad būtų gauti tinkami ir neiškraipyti rezultatai, patalpos, kurioje atliekamas tyrimas, apšvietimas buvo 727 lx. Apšvietimas buvo matuojamas liuksmetru „Voltcraft MS-1500“ (24 pav.)



24 pav. Liuksmetras „Voltcraft MS-1500“

3. SPALVŲ JUSLĖS IR KONTRASTINIO JAUTRUMO TYRIMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

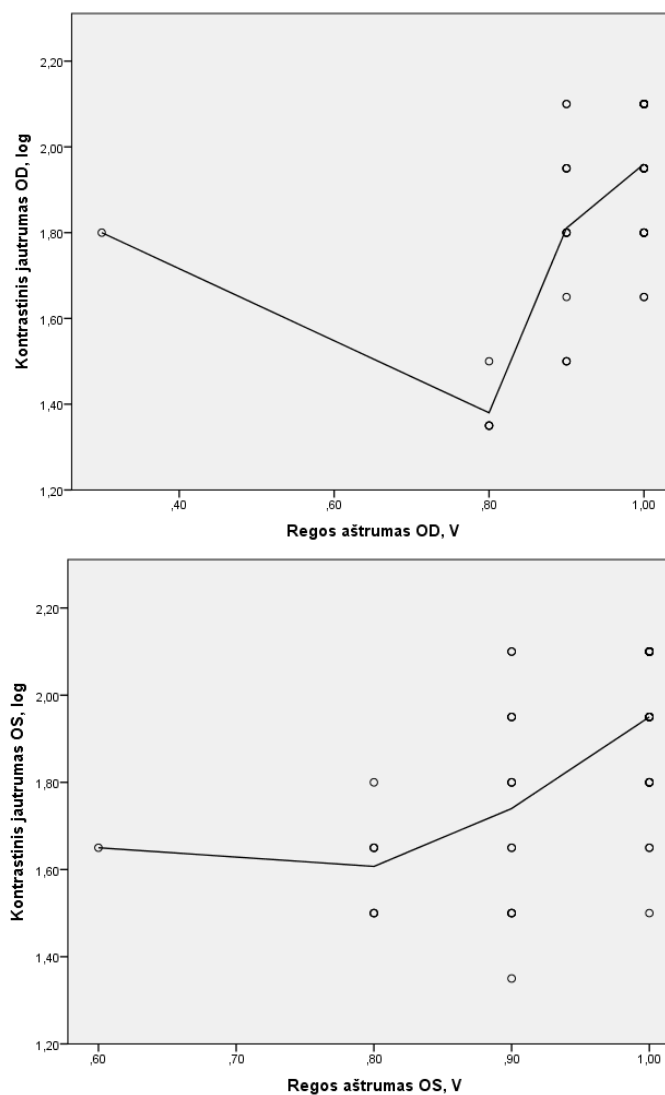
Tyrimo metu analizuojama kontrastinio jautrumo (KJ) priklausomybė nuo regos aštrumo monokuliariai ir binokuliariai, taip pat atliktas palyginimas KJ pagal amžiaus grupes, lytį. Spalvų joslės (SJ) tyrimo metu analizuojami šie duomenys: SJ priklausomybė nuo refrakcijos ydų, regos aštrumo, palyginimas pagal amžiaus grupes, lytį, refrakcijos ydas. Galiausiai buvo atliktas tiriamųjų spalvų joslės ir kontrastinio jautrumo palyginimas.



25 pav. Kontrastinio jautrumo priklausomybė nuo regos aštrumo

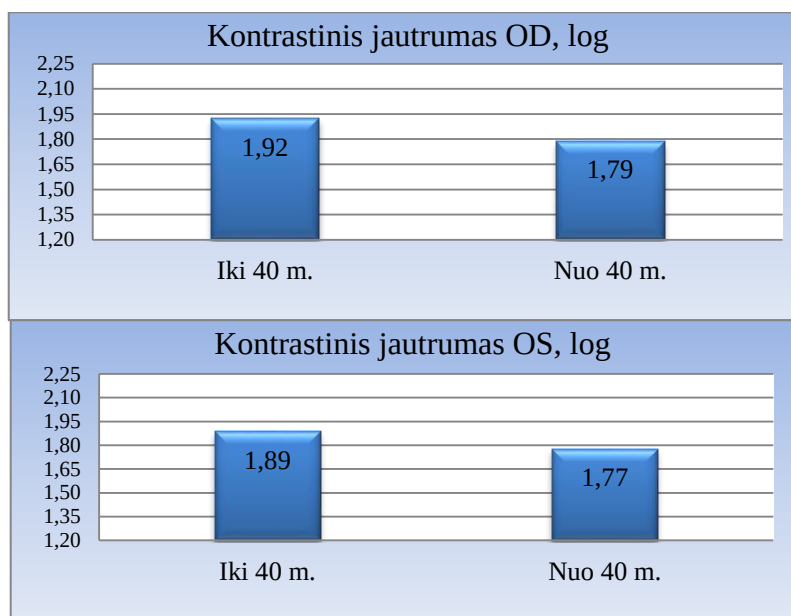
Išanalizavus kontrastinio jautrumo priklausomybę nuo regos aštrumo (25 pav.) nustatyta, kad kintant regos aštrumui nuo 0,90 iki 1,25, kontrastinis jautrumas taip pat kinta nuo 1,65 iki 2,10 log. Taigi, galima teigti, kad kuo didesnis regos aštrumas, tuo didesnis kontrastinis jautrumas. Koreliacija statistiškai reikšminga ($p < 0,05$). Ryšys, vertinant pagal koreliacijos koeficiento reikšmingumo skalę (nuo 0,5 iki 0,7), tarp kintamųjų yra tiesioginis, vidutinio stiprumo ($r_s = 0,549$).

Toliau analizuojami duomenys tiriant kontrastinį jautrumą monokuliariai (26 pav.). Iš 26 grafiko matyti, kad kintant regos aštrumui, kinta ir kontrastinis jautrumas. Analizuojant OD akies gautus rezultatus matyti, jog esant net ir 0,30 regos aštrumui – KJ yra 1,80 log (aukštas). Ir atvirkščiai, esant regos aštrumui 0,80 – KJ yra 1,35 (vidutinis). Tačiau pažvelgus OS akies gautus rezultatus, matome, kad didėjant regos aštrumui, didėja ir KJ. Koreliacija statistiškai reikšminga ($p < 0,05$). Ryšys, vertinant pagal koreliacijos koeficiento reikšmingumo skalę (nuo 0,5 iki 0,7), tarp kintamųjų yra tiesioginis ir vidutinio stiprumo (OD – $r_s = 0,561$; OS – $r_s = 0,588$).

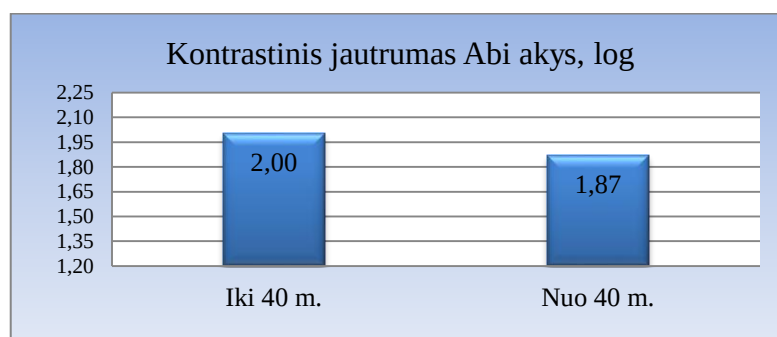


26 pav. Kontrastinio jautrumo priklausomybė nuo regos aštrumo (OD, OS akys)

Toliau analizuojame kontrastinio jautrumo priklausomybę nuo amžiaus. Šiame tyrimo etape tiriamieji buvo suskirstyti į dvi grupes: iki 40 metų ir nuo 40 metų amžiaus bei tiriama monokuliariai. Analizuojant 27 paveikslo grafikus matyti, kad tiriamieji iki 40 metų turi didesnį kontrastinį jautrumą, o jau nuo 40 metų jis sumažėja. Taip pat matyti, kad OD akies kontrastinis jautrumas yra 1,92 log, lyginant su OS akies – 1,89 log.



27 pav. Kontrastinio jautrumo priklausomybė nuo amžiaus grupės (OD, OS akys)

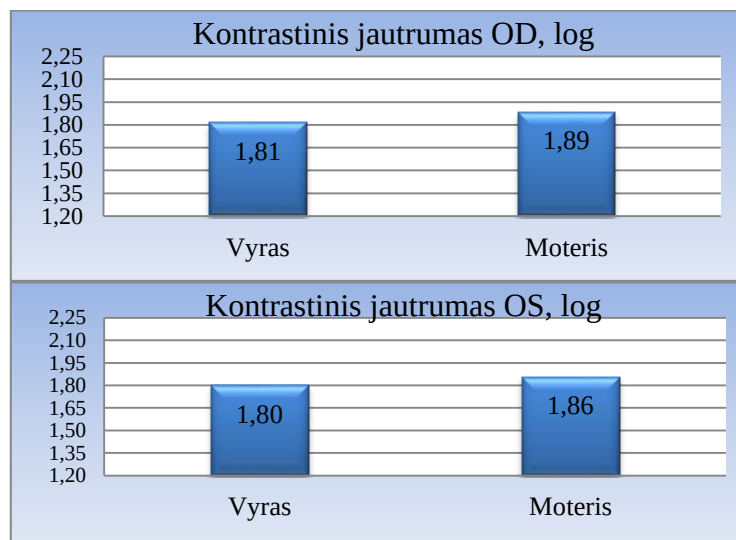


28 pav. Kontrastinio jautrumo priklausomybė nuo amžiaus grupės (abi akys)

Analizuojant 28 paveikslo grafiką, kuriame atsispindi KJ tyrimas pagal amžiaus grupes iki 40 ir nuo 40 metų, matyti, kad tiriant binokuliariai, kontrastinis jautrumas yra didesnis, nei gautuose rezultatuose tiriant atskirai OD ir OS akis. Tiramųjų grupės iki 40 metų amžiaus KJ vidutiniškai yra

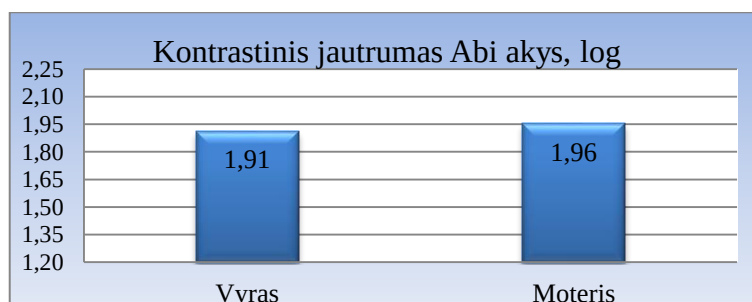
2,00 log, o nuo 40 metų KJ šiek tiek mažesnis – 1,87 log. Tačiau šie skirtumai lyginant tiriamuosius pagal amžiaus grupes yra nežymūs ir šiai tiriamųjų imčiai statistiškai nereikšmingi ($p = 0,224$).

Sekančiame etape analizuojami kontrastinio jautrumo duomenys skirtingose tiriamųjų grupėse pagal lytį. Tiriama monokuliariai ir binokuliariai. Iš 29 grafiko matyti, kad OD akies kontrastinis jautrumas yra moterų grupėje šiek tiek didesnis – 1,89 log, nei vyrų – 1,81 log. Tą patį rezultatą matome analizuojant OS akies: moterų grupėje KJ yra 1,86 log, o vyrų – 1,80 log. Tačiau šie skirtumai yra nežymūs ir statistiškai nereikšmingi.



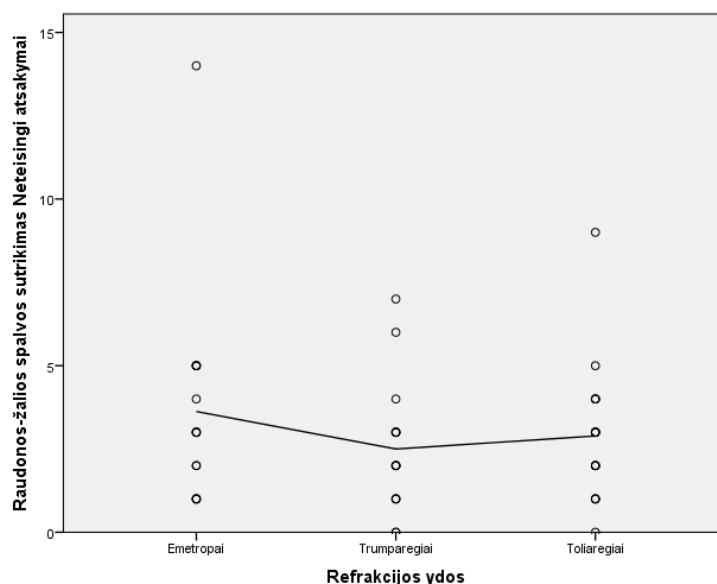
29 pav. Kontrastinio jautrumo priklausomybė pagal lytį (OD, OS akys)

Analizuojant 30 grafiką, kuriame kontrastinis jautrumas tiriamas binokuliariai vyrų ir moterų grupėse, matyti, kad moterų KJ yra – 1,96 log, o vyrų grupėje – 1,91 log. Taigi, lyginant gautus rezultatus, kai buvo tiriama monokuliariai (atskirai OD ir OS akys) ir binokuliariai moterų ir vyrų grupėse, reikšmingų skirtumų nepastebėta. Tad galima teigti, kad tiek moterų, tiek vyrų, KJ yra panašūs ir gauti rezultatų duomenys statistiškai nereikšmingi ($p = 0,435$).



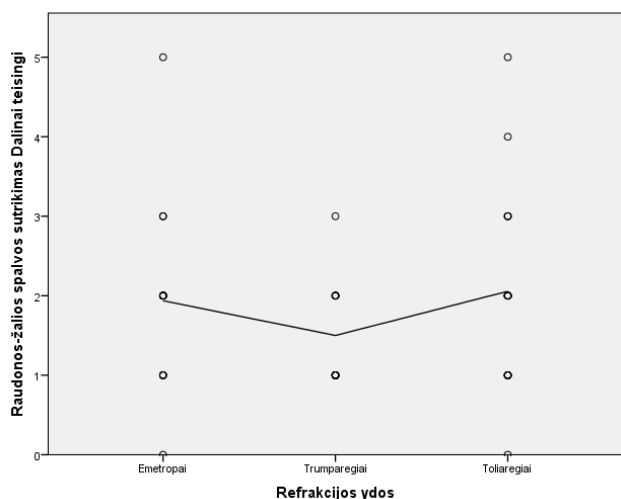
30 pav. Kontrastinio jautrumo priklausomybė pagal lytį (Abi akys)

Sekančiame etape analizuojama spalvų joslės priklausomybė nuo refrakcijos ydų. 31–ame paveiksle analizuojami duomenys emetropų, trumparegių ir toliaregių, kuriame atsispindi tiriamųjų testo metu neteisingi atsakymai. Tiriamųjų padarytų klaidų skaičius yra iki dešimt. Iš grafiko matyti, kad vienas tiriamasis padarė 14 klaidų sprendžiant testą, o tai reiškia, kad jo spalvų joslės sutrikimas yra vidutinis. Teigti, kad emetropai testo metu daugiau pateikia neteisingų atsakymų negalime, nes esant mažesnei tiriamųjų imčiai atsiranda pavieniai nukrypimai, dėlto reiktų atlikti tyrimą su didesne imtimi, kad išryškėtų tam tikra tendencija, susijusi su refrakcijos ydomis. Tačiau šis ryšys tarp tiriamųjų nėra statistiškai reikšmingas ($p = 0,616$).



31 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo refrakcijos ydų.
Neteisingi atsakymai

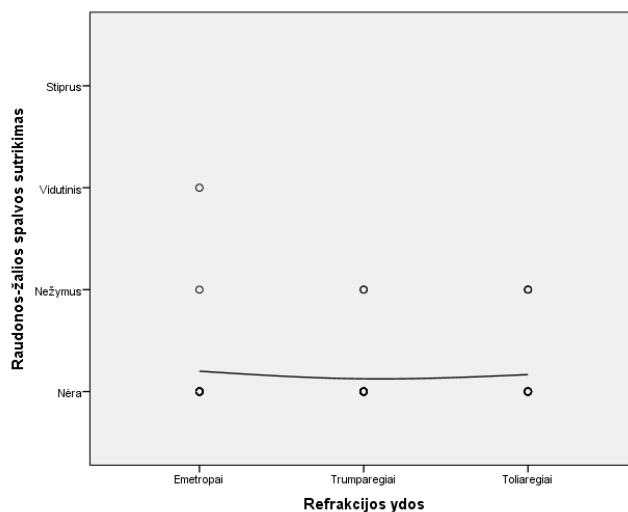
Tolimesniame grafike analizuojama spalvų joslės priklausomybė nuo refrakcijos ydų, pagal dalinai teisingus atsakymus (32 pav.). Iš grafiko matyti, kad tiriamųjų dalinai teisingų atsakymų skaičius vidutiniškai siekia iki 5 atsakymų. Taip pat matyti, kad dalinai teisingų atsakymų mažiausiai pateikė trumparegiai, tačiau šis ryšys statistiškai nereikšmingas ($p = 0,789$), nes didelių skirtumų tarp emetropų ir ametropų nepastebime.



32 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo refrakcijos ydų.

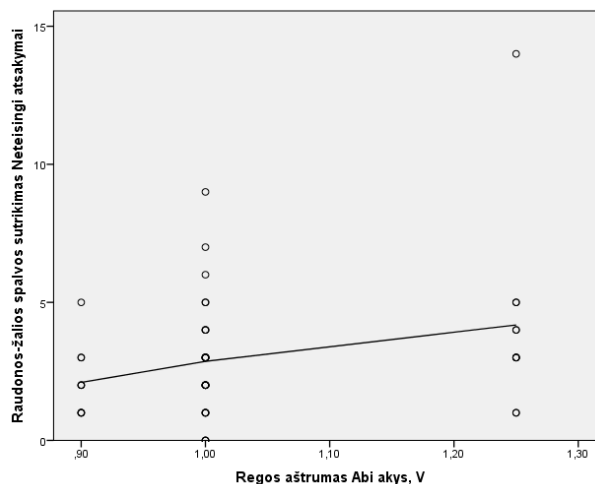
Dalinai teisingi atsakymai

Sekančiame grafike (33 pav.) yra analizuojami duomenys koks yra raudonos – žalios spalvų sutrikimas pagal refrakcijos ydas. Iš pateikto grafiko matyti, kad vidutinį spalvos sutrikimą turi tiriamieji emetropų grupėje. Trumparegių ir toliaregių grupėse šis sutrikimas yra nežymus arba jo nėra. Tačiau šis ryšys nėra statistiškai reikšmingas ($p = 0,837$) ir refrakcijos ydos šiuo atveju neturi reikšmės raudonos – žalios spalvos sutrikimams.



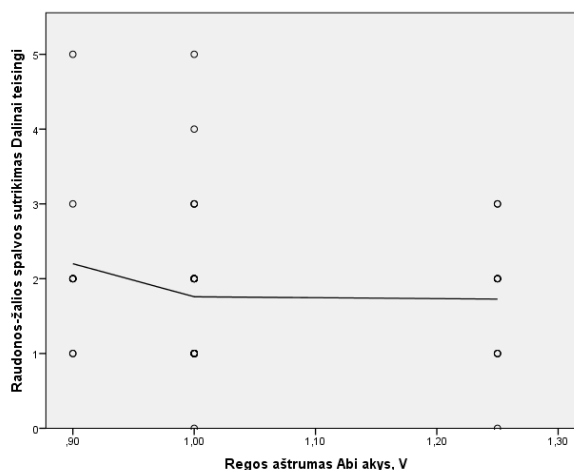
33 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo refrakcijos ydų

Tolimesniame tyrimo etape analizuojama raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo regos aštrumo. Tiriama ar regos aštrumas turi įtakos spalvų jusei.

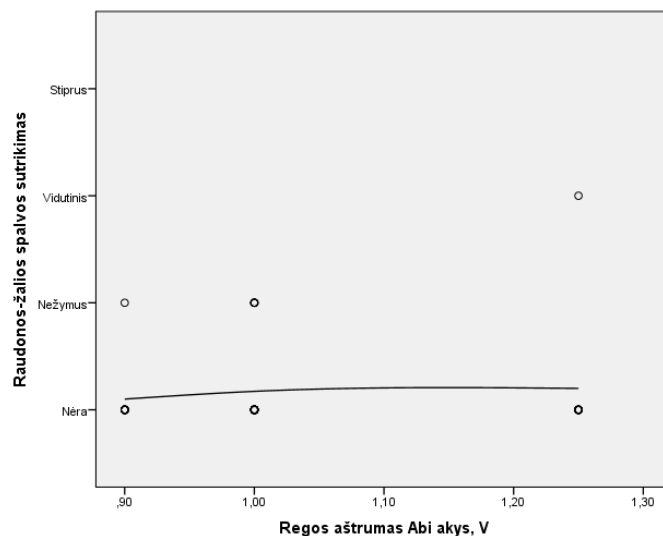


34 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo regos aštrumo (Abi akys).
Neteisingi atsakymai.

34 – amė paveiksle yra analizuojami duomenys raudonos – žalios spalvos sutrikimų pagal neteisingų atsakymų skaičiaus priklausomybę nuo regos aštrumo. Iš grafiko matyti, kad didėjant regos aštrumui nuo 0,90 iki 1,25, didėja ir neteisingų atsakymų skaičius. Šis ryšys statistškai yra reikšmingas ($p < 0,05$), vertinant pagal koreliacijos koeficiento reikšmingumo skalę (nuo 0,2 iki 0,5) yra silpnas (0,292), tiesioginis. Iš pateikto grafiko matyti, kad tiriamieji daugiausiai kartų klydo, kurių regos aštrumas yra lygus 1,0. Analizuojant 35 grafiką matome, kad daugiau dalinai teisingų atsakymų pateikė tiriamieji, kurių regos aštrumas yra 0,90 ir 1,0, o tiriamieji, kurių regos aštrumas 1,25, atsakymų pateikė mažiau. Ryšys statistškai nereikšmingas ($p = 0,450$).



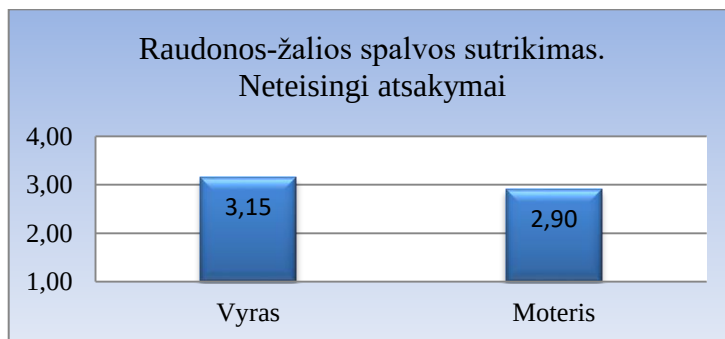
35 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo regos aštrumo (Abi akys).
Dalinai teisingi atsakymai.



36 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų priklausomybė nuo regos aštrumo (Abi akys)

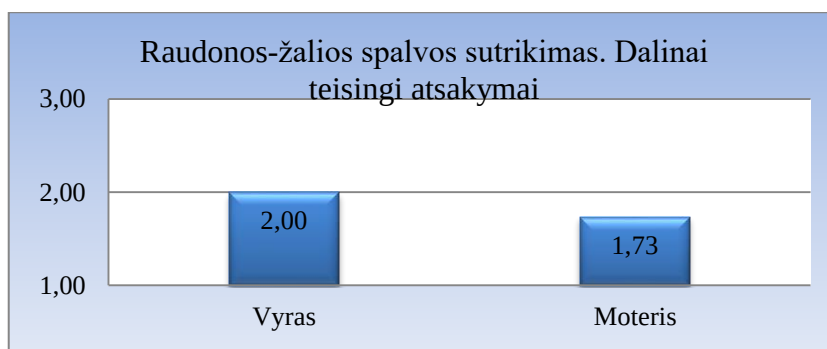
Sekančiame grafike analizuojamas raudonos – žalios spalvos sutrikimo laipsnis nuo regos aštrumo vertinant nuo 0,90 iki 1,25. Iš 36 grafiko matyti, kad regos aštrumas neturi įtakos spalvų jusei ir šis ryšys nėra statistiškai reikšmingas ($p = 0,915$).

Tolimesniame etape analizuojami duomenys spalvų joslės sutrikimų priklausomybės nuo lyties. Grafikuose pateikiami tiriamųjų duomenys pagal neteisingus ir dalinai teisingus atsakymus. Iš 37 grafiko matyti, kad tiriamųjų grupėje daugiau neteisingų atsakymų pateikė vyrai. Mažiau kartų klydo moterys. Vyrai vidutiniškai suklysdavo 3,15 kartų, o moterys vidutiniškai klydo 2,90 karto. Tačiau skirtumai analizuojant šiuos rezultatus yra nežymūs.



37 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų palyginimas pagal lytį.
Neteisingi atsakymai

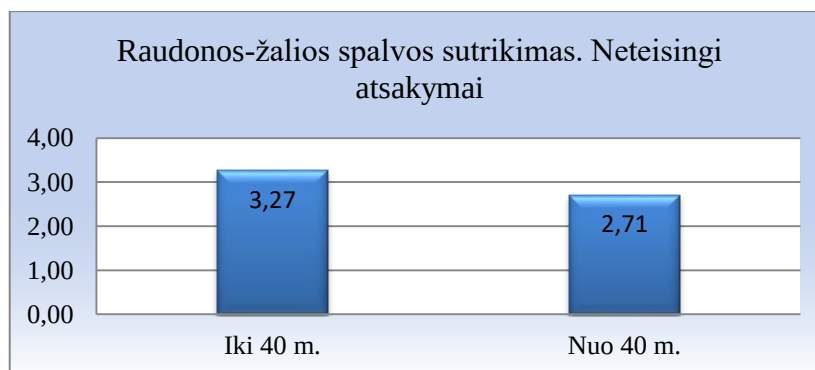
Analizuojant 38 – ą grafiką, kuriame atsispindi moterų ir vyrų dalinai teisingi spalvų joslės testo atsakymai, matome, kad vyrų grupėje šių atsakymų vidutiniškai buvo 2, o moterų vidutiniškai dalinai teisingus atsakymus pateikdavo vidutiniškai po 1,73. Žvelgiant į šį grafiką, matome, kad skirtumai tarp vyrų ir moterų pateiktų dalinai teisingų atsakymų yra nežymūs ir statistiškai nereikšmingi ($p = 0,331$).



38 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų palyginimas pagal lytį.

Dalinai teisingi atsakymai

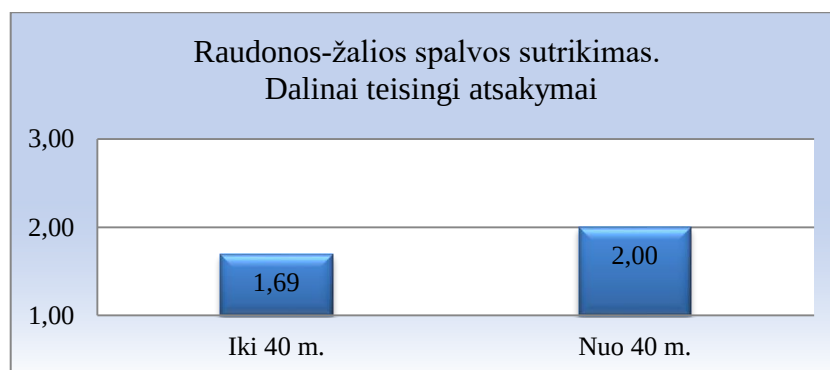
Toliau analizuojami spalvų joslės tyrimo duomenys pagal neteisingus atsakymus amžiaus grupėse, t. y. bendra vyrų ir moterų grupė iki 40 ir nuo 40 metų. Iš grafiko matyti (39 pav.), kad amžiaus grupėje iki 40 metų vidutiniškai buvo suklysta 3,27 karto, o nuo 40 metų amžiaus – 2,71 kartą. Statistiškai reikšmingo skirtumo tarp šios grupės tiriamųjų nerasta ($p = 0,573$).



39 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų palyginimas pagal amžiaus grupę.

Neteisingi atsakymai

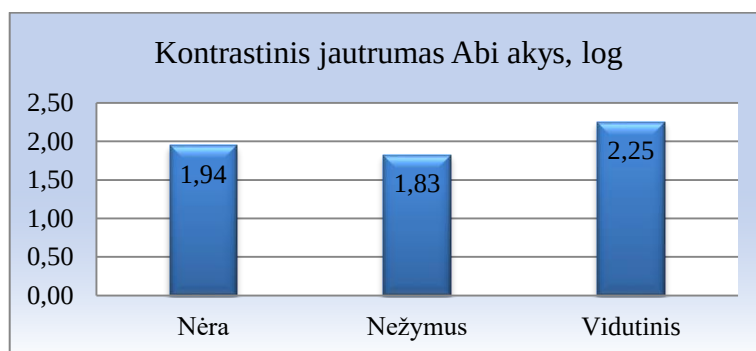
Sekančiame grafike (40 pav.) pateikiami tyrimo rezultatai, kurie parodo kiek vidutiniškai buvo dalinai teisingų atsakymų pagal amžiaus grupes. Iš grafiko matyti, kad iki 40 metų amžiaus grupėje dalinai teisingų atsakymų vidutiniškai buvo 1,69, o žvelgiant į amžiaus grupę nuo 40 metų – vidutiniškai 2 dalinai teisingi atsakymai. Skirtumai šioje grupėje yra nežymūs ir statistiškai nereikšmingi ($p = 0,162$).



40 pav. Raudonos – žalios spalvos sutrikimų palyginimas pagal amžiaus grupę.

Dalinai teisingi atsakymai

Toliau analizuojami kontrastinio jautrumo ir spalvų joslės gautų rezultatų duomenys. Pateiktame grafike (41 pav.) matome spalvų joslės sutrikimo laipsnį lyginant su kontrastiniu jautrumu. Tiriamieji, kurių kontrastinis jautrumas vidutiniškai yra 1,94 log, spalvų joslės sutrikimų neturi. Nežymus spalvų sutrikimas pastebimas turintiems žemesnį KJ – 1,83 log. Vidutinis spalvų joslės sutrikimas pastebimas prie aukštesnio kontrastinio jautrumo – 2,25 log. Atlikus tyrimą, statistiškai reikšmingų skirtumų nerasta, tad teigti, kad spalvų joslė priklauso nuo kontrastinio jautrumo, negalime ($p = 0,129$).



41 pav. Kontrastinio jautrumo ir spalvų joslės palyginimas

IŠVADOS

Išanalizavus mokslinę literatūrą ir atlikus spalvų joslės (SJ) ir kontrastinio jautrumo tyrimą (KJ), galima daryti tokias išvadas:

- Gauti rezultatai rodo, kad kontrastinis jautrumas priklauso nuo regos aštrumo, t. y. kuo regos aštrumas didesnis tuo aukštesnis kontrastinis jautrumas. Šis ryšys tarp kintamųjų yra tiesioginis ir statistiškai reikšmingas. Kintant regos aštrumui nuo 0,90 iki 1,25, kito ir kontrastinis jautrumas nuo 1,65 iki 2,10 log. Atlikto tyrimo metu visi tiriamieji turėjo aukštą kontrastinį jautrumą.
- Tiriant KJ pagal amžiaus grupes (iki 40 ir nuo 40 metų) pastebėta, kad amžiaus grupėje iki 40 metų KJ vidutiniškai yra šiek tiek aukštesnis – 2,00 log, o nuo 40 metų – 1,87 log. Nors šis skirtumas mūsų tiriamųjų imčiai statistiškai nereikšmingas, tačiau gauti tyrimo duomenis atspindi teorinėje dalyje paminėtų mokslininkų (Sidorovos, Čiumbaraitės ir kt.) atliktų tyrimų rezultatus, kad su amžiumi KJ yra palaipsniui prarandamas.
- Analizuojant vyrų ir moterų KJ, reikšmingų skirtumų nepastebima. Vyrų KJ – 1,91 log, o moterų – 1,96 log. Gauti rezultatai rodo, kad lytis kontrastiniam jautrumui įtakos neturi.
- Analizuojant kontrastinio jautrumo ir spalvų joslės gautų rezultatų duomenis matome, kad tiriamieji, kurių kontrastinis jautrumas vidutiniškai yra 1,94 log, spalvų joslės sutrikimų neturi. Nežymus spalvų sutrikimas aptiktas turintiems žemesnį KJ – 1,83 log. Vidutinis spalvų joslės sutrikimas aptiktas prie aukštesnio kontrastinio jautrumo – 2,25 log. Gauti tyrimo rezultatai nėra statistiškai reikšmingi.
- Atlikus tyrimą nenustatyta, kad spalvų juslei turi įtakos refrakcijos ydos, regos aštrumas, amžius ir lytis. Koreliacija tarp spalvų joslės ir kontrastinio jautrumo negauta.

LITERATŪRA

1. Batterbury M., Bowling B., Murphy C., 2009. *Oftalmologija*. Vilnius.
2. Blužienė A., Jašinskas V., 2005. *Akių ligų vadovas*. Šiauliai.
3. Bulatov A., Bertulis A., 2008. *Neurofiziologiniai regimojo suvokimo pradmenys*. Kaunas.
4. Būdienė B., Liutkevičienė R., Čebatorienė D., ir kt., 2015. *Spalvų joslės sutrikimai, diagnostiniai tyrimai ir spalvų joslės reikšmė gyvenime ir oftalmologijoje*. Medicinos teorija ir praktika, T. 21 (Nr. 3.2).
5. Daltonizmas – kaip tai atrodo?. <https://akiuklinika.lt/daltonizmas-kaip-tai-atrodo/>. [žiūrėta: 2017 04 04].
6. Davidovits P., 2008. *Physics in biology and medicine*. Third edition. ISBN: 978 – 0 – 12 – 369411 – 9.
7. Heiting H. Contrast sensitivity testing. <http://www.allaboutvision.com/eye-exam/contrast-sensitivity.htm> [žiūrėta: 2017 02 20].
8. Human colorvision. http://www.colourvision.info/daltonizmo_korekcija/daltonizmas.htm#a2 [žiūrėta: 2017 04 03].
9. Ishihara 38 Plates CVD Test. <http://www.color-blindness.com/ishihara-38-plates-cvd-test/#prettyPhoto/0/> [žiūrėta: 2017 05 10].
10. Jonaitis A., 2009. *Spalvotyra*. Kaunas. ISBN 978– 9955 – 652 – 38 – 0.
11. Kėvelaitis E., Miliauskas R., Illert M ir kt., 2006. *Žmogaus fiziologija*. KMU, Kaunas.
12. Lietuvos higienos norma, 2000. *Dėl Lietuvos higienos normos HN 98: 2000 „Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“*. Vilnius.
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854>. [žiūrėta: 2017 03 10].
13. Liutkevičienė R., Trumpaitis J., Buteikienė D., 2011. *Funkcinio kontrastinio jautrumo tyrimo panaudojimas amžiaus nulemtiems regos funkcijos pakitimams tirti*. Medicinos teorija ir praktika, T. 17 (Nr. 1), 37 – 43 p.
14. Lukauskienė R., Jasinskienė A., 2003. *Spalvų joslė ir jos sutrikimai*. Lietuvos bendrosios praktikos gydytojas. Liepa – rugpjūtis, tomas VII, Nr.7 – 8.
15. Mizgiris R., 2007. *Spalvotyra*. Kaunas. ISBN 978 – 9955 – 755 – 64 – 7.
16. Pažuolytė R., Liutkevičienė R. ir kt., 2016. *Statinis ir dinaminis regos aštrumas*. Sveikatos mokslai. ISSN 1392 – 6373. 26 tomas, Nr.2, p.47-52.

17. Požėla I., Radvilavičius Č., 2008. *Fizika 2. Optika ir atomo fizika*. Kaunas.
18. Sidorova J., Čiumbaraitė R. ir kiti., 2014. *Functional acuity contrast sensitivity assessment in young and middle age healthy persons at the day time with and without glare*. Acta Medica Lithuanica. Vol.21. No.1, p.21 – 25.
19. *Spalvų joslė*. <http://www.optometristams.lt/?p=260>. [žiūrėta: 2017 04 10].
20. Stanikūnas R., Vaitkevičius H., Švegžda A. ir kt., 2004. *Du objektų spalvos suvokimo procesai*. Psichologija. ISSN 1392 – 0359.
21. Vaitkevičius P.H., 2002. Pojūčiai ir suvokimas. *Regimųjų vaizdų suvokimas*. I dalis. Vilnius.
22. Vaitkevičius H., 1997. *Sensorinė psichofizika*. I dalis. Vilnius.
23. Vitkus A., Baltrušaitis K., ir kt., 2003. *Žmogaus histologija*. Kaunas.
24. *What's it like to be color blind?*. <https://www.scienceabc.com/humans/whats-is-like-to-be-colour-blind-test-your-colour-vision.html>. [žiūrėta: 2017 04 04].