

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
FIZIKOS KATEDRA**

Agnė Balčiauskaitė
Optometrijos studijų programa

ASTENOPIJOS SIMPTOMŲ, ŽIŪRINT TRIJŲ DIMENSIJŲ FILMUS, TYRIMAS

Bakalauro darbas

**Darbo vadovė:
Doc. Loreta Ragulienė**

Šiauliai, 2014

Santrauka

Baigiamąjį darbą „Asthenopijos simptomų, žiūrint trijų dimensijų filmus, tyrimas“ sudaro įvadas, 4 skyriai, 21 paveikslėlis, 22 literatūros šaltiniai ir 2 priedai. Viso darbo apimtis 51 puslapis.

Bakalauro darbas skirtas išsiaiškinti asthenopijos simptomus, jaučiamus 3D filmuose.

Išanalizuota mokslinė ir mokytoji literatūra apie akies anatomiją bei regos fiziologiją. Išnagrinėta trijų dimensijų technologijos vystymosi raida bei veikimo principas.

Atliktas tyrimas, kurio metu buvo išsiaiškinta ar trijų dimensijų filmai sukelia asthenopijos simptomus ir kokius dažniausiai. Jame dalyvavo 168 žmonės. Respondentai buvo suskirstyti į dvi grupes: žmonės su stereomatizmu ir be jo.

Analizuojant teorinę medžiagą pastebėta, kad Lietuvoje asthenopijos simptomai žiūrint trijų dimensijų filmus dar mažai tyrinėta sritis. Tyrimo rezultatai parodė, kad 3D filmai sukelia asthenopijos simptomus, kurių dažniausi: akių skausmas, akių įtampa ir akių nuovargis.

Summary

Bachelor work „Analysis of asthenopia symptoms by watching three-dimensional films” consists of introduction, 4 chapters, 21 pictures, 22 literature sources. The extent of it is 51 pages.

The aim of this work was to investigate asthenopia symptoms in three-dimensional films.

There was analyzed scientific and educational literature about the anatomy of the eye and visual physiology. The evolution of three-dimensional technology and the principle how it works was studied as well.

The investigation has been carried out to determine whether three-dimensional films cause asthenopia symptoms and which ones mostly. 168 people participated in this investigation. They were divided into two groups: with stereovision and without stereovision.

While studying the theoretical material it was noticed that this field is still a byway in Lithuania. The results showed that 3D films cause asthenopia symptoms. Most common symptoms were eye pain, eye strain and eye fatigue.

TURINYS

IVADAS	4
1. Anatomiciniai ir fiziologiniai akies aspektai	6
1.1 Akies priediniai organai ir išorinė akis	6
1.2 Vidinė akis	8
1.3 Pagrindiniai akių judesių tipai.....	10
2. Žmogaus regos ypatumai	11
2.1 Akis ir dioptrinis aparatas	11
2.2 Matymo suvokimas	15
2.2.1 Stereomatymo samprata.....	16
2.2.2 Stereomatymo sutrikimų priežastys	18
3. Trijų dimensijų technologija	22
3.1 Erdvinis vaizdavimas	22
3.2 3D filmų atsiradimas ir vystymasis.....	23
3.3 Trijų dimensijų filmų įtaka žmogaus akiai	30
4. Astenopijos simptomų trijų dimensijų filmuose tyrimo analizė	32
4.1 Tyrimo metodika.....	32
4.2 Tiriamųjų charakteristika	32
4.3 Žmonių, turinčių stereomatymą, tyrimo rezultatai.....	32
4.4 Žmonių be stereomatymo tyrimo rezultatai	38
Išvados	44
Literatūros sąrašas.....	45
PRIEDAI.....	47
1 priedas	48
2 priedas	51

IVADAS

Viena iš svarbiausių funkcijų žmogaus gyvenime ir veikloje yra regos sistema. Žmogus, dėka jos, gauna ne tik reikiamą regimąją informaciją, bet ir orientuojasi erdvėje [1].

Objektus žmogus gali stebėti ir viena akimi (monokuliariai) ir dviem akimis (binokuliariai). Tačiau, stebint viena akimi yra nesuvokiamas erdvinis objektų išsidėstymas, bei jų apimtis. O stebint abiem akimis galima įvertinti objektų erdvinį išsidėstymą trimatėje erdvėje, jų erdvinis vaizdas suteikia realų trimatiškumo (3D) ir gylio pojūtį [2].

Sudėtingiausia binokulinio matymo forma yra stereomatymas. Tai binokulinis nuotolio, gylio pajautimas, kai susilieja du vienodi vaizdai, truputį pasislinkę vienas prie kito. Stereomatymas nėra įgimta regos savybė, jis formuojasi tik po gimimo, o intensyviausiai – per pirmuosius aštuonis gyvenimo mėnesius, bet visiškai subręsta apie 6-7 metus [3].

Stereomatymui yra būtinas binokulinis matymas, tiksli akių vergencija ir akomodacija. Dėl žvairumo arba ambliopijos žmogui nėra binokulinio matymo, tuomet aplinkoje jis gali orientuotis akomoduojant ir remiantis antriniais gylio suvokimo požymiais, tokiais kaip daiktų dydžio ir šešėlių skirtumai, persiklojimas, apšvietimo skirtumas ir kt.

Šiais laikais stipriai populiarėja trijų dimensijų (3D) filmai ir vaizdai. Abiem akims rodant skirtingus vaizdus yra sukuriamas trijų dimensijų efektas. Žmonės be stereomatymo trijų dimensijų vaizdų neturėtų matyti, tačiau pasitaiko tokių, kurie teigia, jog lankosi trijų dimensijų filmuose.

Pagal oftalmologų A. M. Giniūnaitės ir E. Danielienės tyrimą (2013), 3D filmai gali sukelti astenopijos simptomus, tokius kaip akių nuovargis, įtampa, galvos skausmas, svaigimas, pykinimas ir kt. Ši būklė pavadinta 3D astenopija [4].

Lietuvoje nedaug tyrinėta, kaip žmonės su stereomatymu ir žmonės be jo jaučia astenopijos simptomus trijų dimensijų filmuose.

Tyrimo objektas – astenopijos simptomai trijų dimensijų filmuose.

Tyrimo tikslas – išsiaiškinti jaučiamus astenopijos simptomus žiūrint 3D filmus.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti mokslinę ir mokomąją literatūrą apie žmogaus akies fiziologinius ir anatominius aspektus.
2. Išanalizuoti literatūrą apie 3D technologijos vystymąsi ir įtaką žmogui.

3. Ištirti astenopijos simptomų dažnį žmonių su strereomatymu ir be jo.
4. Ištirti žmonių be stereomatymo galimybę matyti trečiąją dimensiją.
5. Apibendrinti tyrimo rezultatus ir pateikti išvadas.

Tyrimo metodai:

- Literatūros analizė.
- Anketinė apklausa.
- Duomenų analizė.

1. Anatominiai ir fiziologiniai akies aspektai

Daugiausia informacijos apie mus supantį pasaulį teikia šviesa, todėl nenuostabu, kad jos jutimo organai yra turbūt patys sudėtingiausi. Išsisęs organų kompleksas yra akis, kurią sudaro akies obuolys su regos nervu, laidu ir smegenų centrais bei priedai: ašarų aparatas, akies obuolio raumenys, vokai, junginė ir blakstienos [5]. Jau 16 amžiuje prancūzų anatomas Du Laurens, dėl išskirtinio tobulumo ir sudėtingumo regos organus – akis – pavadino langais į protą [1].

1.1 Akies priediniai organai ir išorinė akis

Akies obuolio apsauga ir ašarų paskirstymas ragenos paviršiuje yra dvi pagrindinės funkcijos, kurias atlieka vokai (1 pav.). Vokai užsimerkia, kai susitraukia žiedinis jų raumuo. Vokai atsimerkia, susitraukus voko keliamajam raumeniui [6].

Trumpų kietokų plaukelių – blakstienų yra 2 – 3 eilės abiejų vokų kraštuose [5]. Jos taip pat atlieka apsauginę funkciją.

Meibomo liaukos gamina riebų lipidinį ašarų plėvelės komponentą ir yra išsidėsčiusios vertikalia kryptimi [6]. Sulipti vokams miegant trukdo šių liaukų sekretas [5].

Jungiamojo audinio plėvelė, dengianti vokų užpakalinį paviršių ir akies obuolio priekinį paviršių iki ragenos krašto yra junginė (1 pav.). Iš epitelio ir po juo esančios stromos susideda junginė.

Mirksint vokams, junginė palengvina laisvus akies obuolio judesius ir suformuoja lygų akies obuolio paviršių.

Apsaugant akies obuolį nuo mikroorganizmų, junginė turi svarbią reikšmę.

Išorinį akies obuolio dangalą sudaro ragena ir odena (1 pav.). Jos abi yra labai panašios, tačiau ragenos struktūra vienareikšmiškai apibrėžiama kaip praleidžianti ir laužianti šviesą.

Kolageninis, nekraujagyslinis ir reliatyviai beląstelis akies obuolio dangalas yra odena. Ji sudaro atramą išoriniams akies raumenims, nepaisant to, kad yra plona. Per odeną, užpakalinėje akies obuolio dalyje, įeina regos nervas, juntamieji ir motoriniai nervai, kraujagyslės. Ragenos krašte – limbe susijungia ragena ir odena.

Iš stromos, kurią iš išorės dengia daugiasluoksnis epitelis, iš vidaus – vienasluoksnis endotelis yra sudaryta ragena. Stroma, kuri apima 90% ragenos storio yra sudaryta iš kolageno ir ekstraląstelinės medžiagos, kurioje yra keletas ląstelių, tačiau nėra kraujagyslių.

Odena yra nejautri, o rageną priešingai itin jautri. Pradedą labai skaudėti, pažeidus ragenos epitelį, nes apnuoginamos nervinių skaidulų galūnėlės.

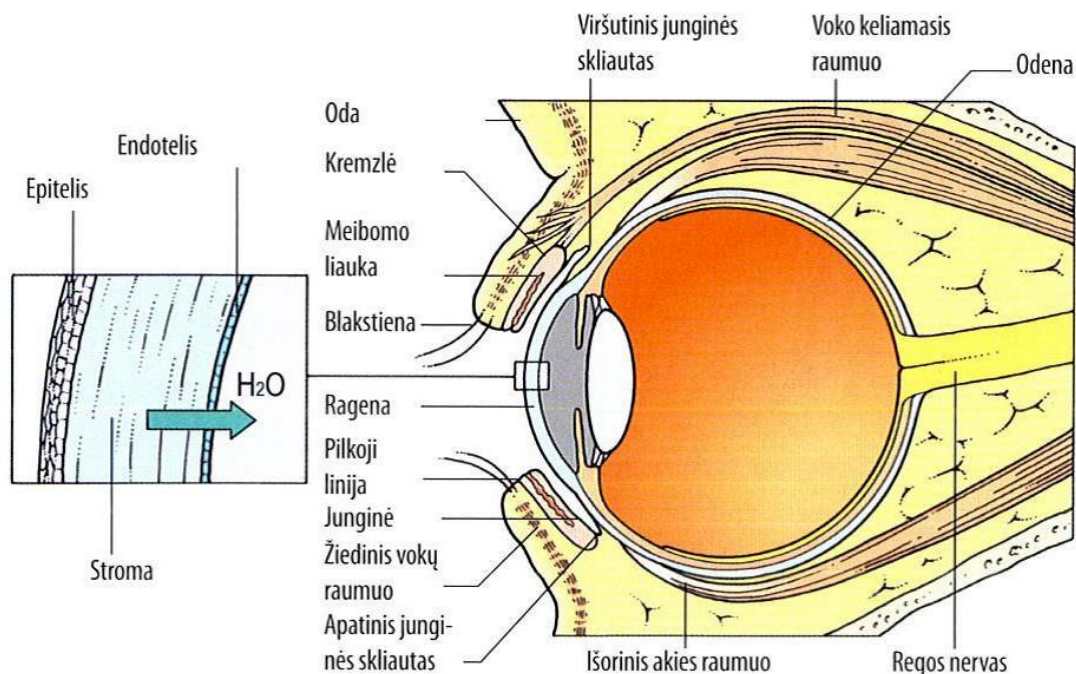
Rageną maitinama difuzijos būdu per limbo kraujagysles, priekinės kameros skystį ir ašarų plėvelę.

Apsauga nuo mikroorganizmų patekimo į akies obuolį bei šviesos perdavimas ir laužimas – pagrindinė ragenos funkcija.

Iš vandens, muscino, kuris ašarų plėvelę pritvirtina prie ragenos epitelio, ir išorinio riebalinio sluoksnio, sumažinančio vandens garavimą yra sudaryta ašarų plėvelė. Cheminių medžiagų, kurios apsaugo nuo mikroorganizmų yra ašarų sudėtyje.

Didžiąją dalį ašarų plėvelės vandeninio sluoksnio gamina ašarų liauka, kuri yra viršutiniame išoriniame akiduobės kampe.

Ties apatinio voko kraštu ašaros suformuoja meniską, mirksint yra išsklaidomos akies obuolio paviršiuje ir nuteka į viršutines bei apatines ašarų akutes, esančias vokų vidiniuose kampuose. Ašarų kanalėliai atsiveria iš kiekvienos ašarų akutės, jie susijungia į vieną bendrą ašarų kanaliuką, o šis veda į ašarų maišelį. Galiausiai ašaros patenka į nosies ertmę per ašarinį nosies lataką.



1 pav. Skersinis vokų ir akies obuolio pjūvis [6].

1.2 Vidinė akis

Ragenos suformuoto vaizdo susidaryme ir šviesos energijos pavertime elektros impulsu, kurį smegenys paverčia regimuoju vaizdu, pirmiausia dalyvauja vidinės akies struktūros.

Rainelė, krumplynas ir gyslainė sudaro akies obuolio kraujagyslinį dangalą (2 pav.).

Jungiamasis audinys, kuriame yra raumens skaidulų, kraujagyslių ir pigmentinių ląstelių, sudaro didžiąją dalį rainelės. Jos užpakalinį paviršių padengia pigmentinės ląstelės [6]. Pigmentas suteikia rainelei spalvą. Nedidelis jo kiekis rainelę nuspalvina mėlynai. Rainelės spalva keičiasi į pilką, žalią, rudą ir juodą, didėjant pigmento kiekiui [5]. Apvali anga rainelės centre – vyzdys, per kurį šviesos spinduliai patenka į akies obuolio vidų ir pasiekia tinklainę. Esant ryškiai šviesai vyzdys susiaurėja, o tamsoje išsiplečia [7]. Kontroliuoti šviesos patekimą į tinklainę ir sumažinti intraokulinės šviesos išsisklaidymą – pagrindinė rainelės funkcija.

Ypatinga akies obuolio struktūra, jungianti rainelę su gyslaine yra krumplynas.

Krumplyninių ataugų, kurios gamina akies skystį yra priekiniame krumplyno paviršiuje. Prie lęšiuko krumplynas tvirtinasi raiščiais, kuriais reguliuojamas lęšiuko išsigaubimas. Krumplyno vidinis diametras sumažėja, susitraukus jo raumens skaiduloms. Taip krumplyno ir lęšiuko saitų įsitempimas yra sumažinamas, lęšiukas dėl savo natūralaus elastingumo daugiau išsigaubia ir žvilgsnis fokusuojamas į arti esančius objektus. Tai – akomodacija. Atsipalaidavus krumplyno raumens skaiduloms, vyksta pasyvus procesas – krumplyno ir lęšiuko saitai įsitempia, lęšiukas mažiau išsigaubia ir žvilgsnis fokusuojamas į toli esančius objektus.

Tarp odenos ir tinklainės yra gyslainė, kuri sudaryta iš kraujagyslių, jungiamojo audinio ir pigmentinių ląstelių. Išorinę tinklainės dalį ji aprūpina deguonimi ir ją maitina [6].

Skaidrus, minkštos konsistencijos, elastingas diskas yra lęšiukas (2 pav.). Iš epitelinio audinio atsiradusios ir meridianine kryptimi išsidėsčiusios skaidrios skaidulos sudaro jį [5]. Elastinga kapsulė, turinti įtakos akomodacijai, gaubia visą lęšiuką. Jis neturi nei kraujagyslių, nei nervų.

Priekinėje ir užpakalinėje kameroje kaupiasi akies skystis. Tarp ragenos ir rainelės yra priekinė kamera, o užpakalinė – tarp rainelės užpakalinio paviršiaus ir lęšiuko priekinio paviršiaus (2 pav.). Šios kameros susisiečia per vyzdį [6].

Stiklakūnis (2 pav.) užpildo didžiąją akies obuolio ertmės dalį [7]. Tai yra skaidrus hidrogelis želė pavidalo ir konsistencijos. Jį sudaro labai plonų skaidulų tinklas ir baltymingas

skystis. Plona kapsulė supa visą stiklakūnio masę. Lęšio duobė yra priekyje. Jis neturi nei kraujagyslių, nei nervų.

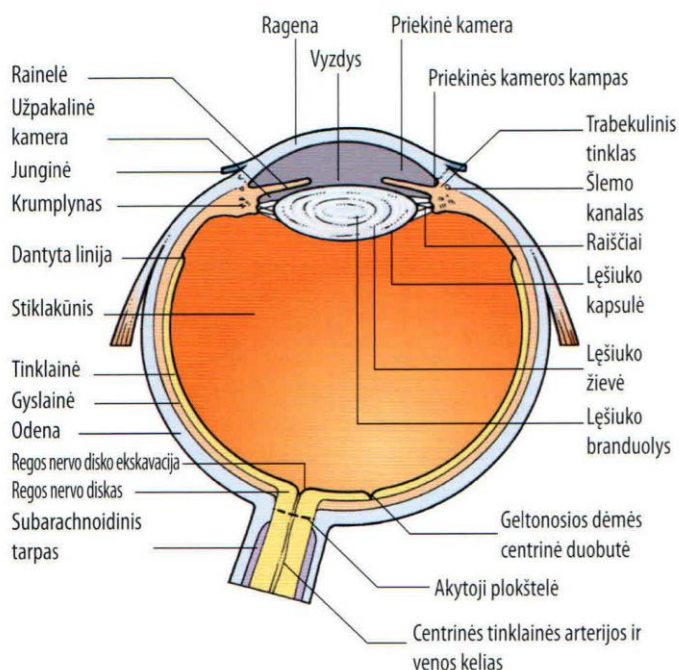
Praleisti šviesos spindulius ir suteikti akies obuoliui įprastą formą yra pagrindinės stiklakūnio funkcijos [5].

Šviesos impulsą nerviniu impulsu paverčia tinklainė (2 pav.). Neurosensorinė tinklainės dalis bei tinklainės pigmentinis epitelis (TPE) sudaro ją. Kad pasiektų fotoreceptorius, stiebelius ir kūgelius, kurie šviesos energiją paverčia elektriniu impulsu, šviesa turi praeiti pro tinklainės vidinius sluoksnius. Dėl to, tinklainė turi būti skaidri.

Geltonąją dėmę vadinama tinklainės vieta, nuo kurios priklauso centrinis matymas. Aukštos kokybės centrinis regėjimas priklauso nuo duobutės, kuri yra geltonosios dėmės centre, o nuo likusios tinklainės dalies – periferinis matymas.

Tinklainės geltonojoje dėmėje yra kūgeliai, kurie reguliuoja regėjimo aštrumą bei spalvų jutimą. Visoje tinklainėje yra išsidėstę stiebeliai, nuo kurių priklauso matymas tamsoje ir judesių sekimas.

Į regos nervo skaidulų sluoksnį įsipina ganglijinių ląstelių aksonai ir sudaro regos nervą (1 pav.), kurio diskas neturi fotoreceptorių ir veikia taip pat, kaip ir fiziologinė akloji dėmė. Beveik vienas milijonas aksonų sudaro regos nervą.



2 pav. Skersinis dešinės akies obuolio pjūvis [6].

1.3 Pagrindiniai akių judesių tipai

Žmogus naudoja savo akis, nukreipdamas žvilgsnį į dominantį objektą ir taip gauna daugiausiai informacijos apie aplinką. Dar daugiau – socialiniame gyvenime akys taip pat vaidina svarbų vaidmenį: žiūrint į kito žmogaus akis, galima nusakyti jo nuotaiką ar emocinę būseną. Bendru atveju, sekant žmogaus žvilgsnio kryptį, galima bent maždaug nusakyti, kur sutelktas jo dėmesys.

Labai geromis motorinėmis savybėmis pasižymi regos sistema, būtent dėl tokios akies sandaros, nes yra natūralus poreikis nukreipti akį į dominantį objektą taip, kad įeinantis šviesos srautas būtų fokusuojamas geltonojoje dėmėje. Šešių raumenų yra judinama akis ir dažniausiai naudojami dviejų tipų akių judesiai – švelnūs sekamieji bei sakadiniai. Fiksacijos, kurios atliekamos stebint nejudantį objektą, ir būtent jų metu surenkama daugiausia informacijos apie objektą yra trečias akių judesių tipas.

Greiti akių judesiai yra sakados (šuoliai), kurie nukreipia žvilgsnį nuo vieno objekto į kitą ir paprastai vykdomi tarp dviejų fiksacijų. Žmogus nemato sakados metu ir šis reiškinys yra žinomas kaip sakadinis slopinimas. Šie judesiai yra didelės amplitudės (iki 40°), esant didesnei nei 30° amplitudei paprastai vyksta kartu su galvos posūkiu. Nuo amplitudės priklauso pikinis greitis ir gali siekti 700 °/s. Sakadų trukmė įvairi – didesnėms nei 5° amplitudės sakadoms siekia 30 ms ir kiekvienam papildomam amplitudės laipsniui didėja po 2 ms. Tarp dviejų sakadų yra 100 – 200 ms laiko tarpas, kai akys reaguoja į vaizdinį stimulą, jos vyksta su 100 – 300 ms vėlinimu. Paprastai sakados vykdomos dviem etapais – pirmu šuoliu įveikiama apie 90% amplitudės, o korekcine sakada įveikiama likusi dalis.

Sekant tolydžia trajektorija judantį objektą vykdomi švelnūs sekamieji akių judesiai. Akys sugeba sekti objektus, judančius 1 – 30 °/s greičiu. Tokie akių judesiai susideda iš lėto (naudojamas stabilizuoti judantį objektą geltonojoje dėmėje) ir greito sekimo komponento. Jei švelniems sekamiesiems akių judesiams taikinio greitis pasidaro per didelis, tai atsiradusi sekimo paklaida kompensuojama pasivejančiomis sakadomis.

Sudėtingi akių judesiai yra fiksaciniai ir jie sudaryti iš trijų pagrindinių komponentų: fiziologinio tremoro, lėto dreifo ir mikrosakadų. Akies tinklainė reaguoja tik į šviesos ir spalvos pokyčius, o ne į pastovų apšvietimą. Iš čia aiški fiksacinių akių judesių paskirtis – dėka jų, akis skenuoja stebimą vaizdą ir padeda jį suvokti. Paprastai laikoma, jog tokie akių judesiai trunka 100 – 150 ms, jų amplitudė apie 1°, o greitis – iki 20 °/s.

Kiti akių judesių tipai – vestibulinis-okulinis refleksas, nistagmai ir vergentiniai judesiai sutinkami rečiau [1].

2. Žmogaus regos ypatumai

Vienas iš svarbiausių jutimų, suteikiančių žmogui daugiausia informacijos, yra regėjimas. Apie 90 – 95 % visos informacijos yra gaunama per regos sensorinę sistemą [7]. Akis ir jos neuroniniai ryšiai priklauso regos sistemai, kuri pateikia greitą, labai jautrų ir platų aplinkos erdvinį (trimatį) suvokimą: nuo betarpės artumos iki begalybės. Šviesos fotonai, kuriuos dioptrinis aparatas fokusuoja į abiejų akių tinklainę, o fotoreceptoriai paverčia elektriniais signalais, yra adekvatus jos dirgiklis. Suvokiamos aplinkos vaizdą greitai išplečia akių ir galvos judesiai.

2.1 Akis ir dioptrinis aparatas

Nuo 400 iki 700 nm yra matomosios šviesos elektromagnetinių bangų ilgis. Kaip mėlyna spalva juntamas trumpabangis elektromagnetinis spinduliavimas, o ilgabangis – kaip raudona. Apie 10^6 bitų/s sudaro optinė informacija, kurią gauna akis. Žmogus sąmoningai per sekundę gali apdoroti tik apie 40 – 100 bitų ir iš jų tik 1 – 10 bitų lieka atmintyje, todėl regos sistema turi išskirti svarbiausią vaizdinę informaciją ir ją apdoroti. Jau tinklainėje šie signalai pradedami išskirti ir apdoroti.

Iš ragenos, akies kamerų skysčio, lęšiuko ir stiklakūnio susideda dioptrinis aparatas (3 pav.). Šviesos spinduliai pasiekia rageną per orą, kurio laužimo rodiklis lygus 1, ir lūžta joje. Konstanta, kuri rodo santykį tarp šviesos greičio vakuume ir tiriamoje terpėje, yra laužimo rodiklis. Tinklainėje apversto matomo daikto vaizdas (3 pav., A) susidaro šviesai lūžtant akies laužiamuosiuose paviršiuose. Kad šviesos spinduliai galėtų tiksliai projektuotis tinklainėje, akies obuolio dydis ir jos dioptrinio aparato bendroji laužiamoji galia turi būti tiksliai tarpusavyje susiję.

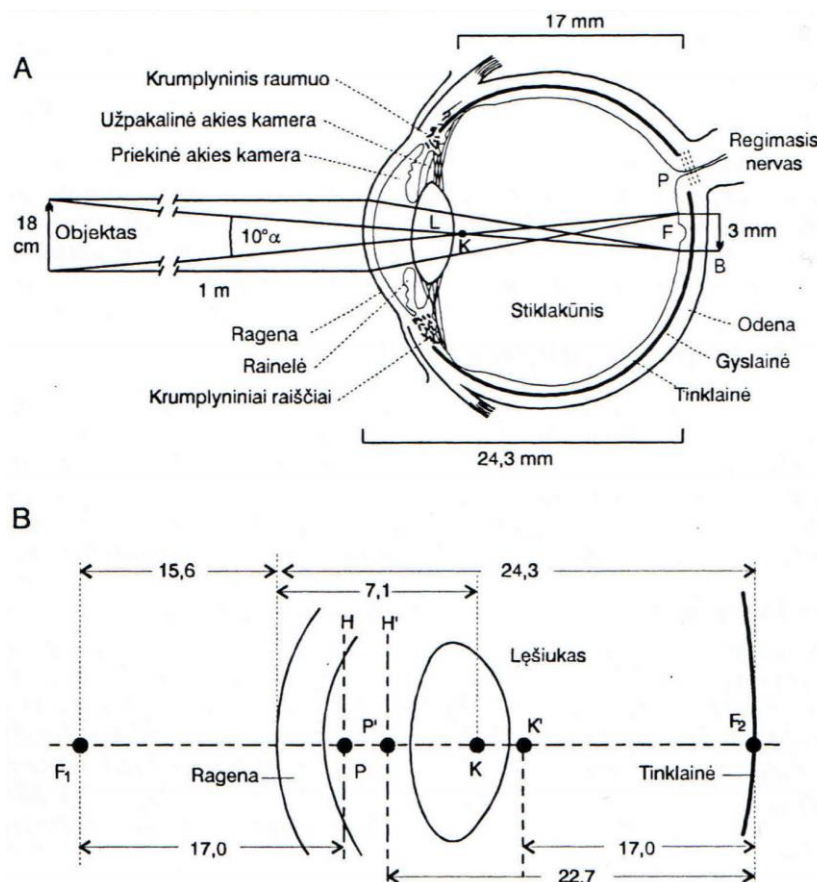
Akyje yra daug terpių, turinčių skirtingus laužimo rodiklius. Ši sudėtinė optinė sistema fizikine prasme gali būti supaprastintai aprašoma, kai visos jos laužiamosios savybės sujungiamos į vienintelį tariamąjį lęšį (3 pav., B). Tokia sistema yra sudaryta iš dviejų pagrindinių plokštumų (H , H'), susikirtimo (K , K') ir židinio (F_1 , F_2) taškų. Tinklainės židinio taške F_2 fokusuojasi lygiagretūs, t. y. iš begalybės, į rageną krentantys spinduliai. Abi

pagrindinės plokštumos (H, H') ir abu susikirtimo taškai (K, K') yra tik 0,25 mm atstumu vienas nuo kito. Todėl redukuotoje akyje jie sujungiami viename taške.

Laužimo rodiklį dalinant iš židinio nuotolio, kuris atitinka židinio taško atstumą nuo pagrindinės plokštumos, apskaičiuojama optinės sistemos laužiamoji galia:

$$D = \frac{n}{f} \quad (1)$$

D – laužiamoji galia (matuojama dioptrijomis, dpt); n – laužimo rodiklis; f – židinio nuotolis (m)



3 pav. Žmogaus akies dioptrinis aparatas ir pagrindiniai taškai [8]:

A. Žmogaus akies skerspjūvis. Per tinklainės centrinę duobutę (F) ir regos nervo išėjimo vietą iš tinklainės (P) eina horizontali pjūvio plokštuma. Vaizdas tinklainėje, 18 cm objekto, esančio 1 m atstumu nuo akies, susidaro apverstas ir 3 mm dydžio. L – lęšiukas; K – pagrindinis susikirtimo taškas. B. Žmogaus akies redukuota optinė sistema. F₁ – priekinis židinio taškas; F₂ – užpakalinis židinio taškas; H – objekto pagrindinė plokštuma ir pagrindinis taškas P; H' – vaizdo pagrindinė plokštuma ir pagrindinis taškas P'; K – priekinis susikirtimo taškas; K' – užpakalinis susikirtimo taškas. Skaičiai rodo atstumą

milimetrais. Redukuotos akies pagrindiniai taškai nepriklauso nuo laužiamųjų paviršių anatominės lokalizacijos.

Nuo laužiamojo paviršiaus kreivumo spindulio (r) ir abiejų terpių laužimo rodiklių (n_1, n_2) priklauso židinio nuotolis. Jei iš optiškai netankios terpės spinduliai lygiagrečiai krenta per išgaubtą laužiamąjį paviršių, jie susirenka optiškai tankesnės terpės (n_2) židinio taške F_2 . Židinio nuotolis apskaičiuojamas:

$$f_2 = n_2 \times \frac{r}{n_2 - n_1} \quad (2)$$

Kai spinduliai krinta lygiagrečiai, akies laužiamoji galia apskaičiuojama remiantis lentelės rodikliais:

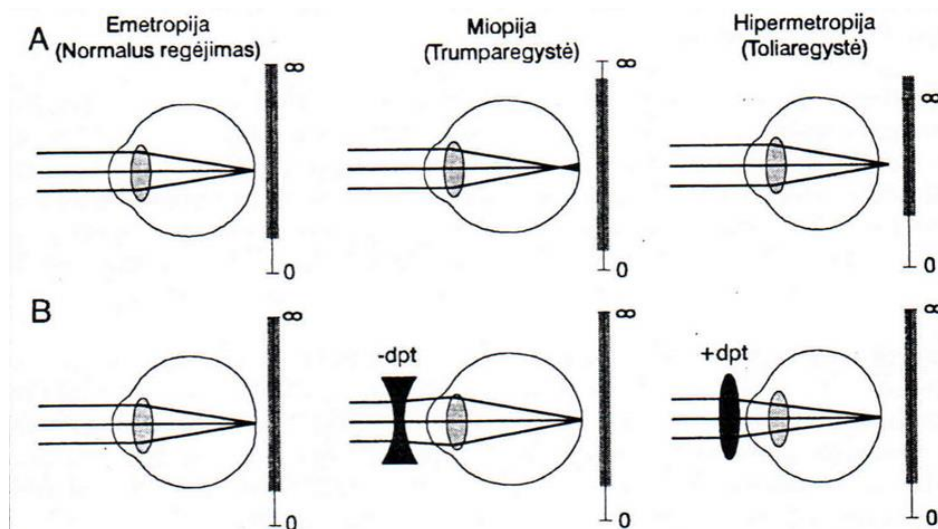
$$D = \frac{n_2}{f_2} = \frac{1,336}{0,0228} = 58,6dpt \quad (3)$$

43 dioptrijos, iš šio skaičiaus, tenka ragenai. 19,1 dioptrijs tenka suplokštėjusiam lęšiukui. Akies kamerų skysčio ir stiklakūnio sklaidomąjį poveikį šviesos spinduliams (-3.5 dpt) atėmus iš bendrosios akies laužiamosios galios (62,1 dpt), susidaro apskaičiuotoji 58,6 dpt akies laužiamoji galia.

Optinių trūkumų, kuriuos pašalina juos koreguojantys mechanizmai, turi net ir normaliai matanti akis. Kadangi centrinė lęšiuko dalis spindulius laužia silpniau negu jo kraštai, vyksta sferinė aberacija. Vyzdžio skersmuo, kuriam sumažėjus, kraštiniai spinduliai nepatenka į tinklainę, koreguoja šį optinį akies trūkumą. Kadangi ilgabangiai šviesos spinduliai lūžta silpniau negu trumpabangiai, vyksta akies chromatinė aberacija. Tinklainės centrinės duobutės srityje silpnai juntama mėlyna spalva, tuo pagrįsta chromatinės aberacijos fiziologinė korekcija.

Astigmatizmu vadinama nevienoda dioptrinio aparato laužiamoji galia skirtingose plokštumose. Net iki 0,5 dpt stipresniu laužimu ragenos vertikalioje ašyje apibūdinamas fiziologinis astigmatizmas. Astigmatizmas būna didesnis kaip 0,5 dpt dėl tam tikrų plokštumų ragenos paviršiaus kreivumo anomalijų. Tuomet jis turi būti koreguojamas cilindriniais lęšiais.

Dėl akies obuolio ilgio ir laužiamosios galios neatitikimo, kai pakinta tolimojo ir artimojo taškų vieta, atsiranda sferiniai refrakcijos sutrikimai (4 pav.). Dėl per didelio arba per mažo akies obuolio augimo sutrinka akies refrakcija. Kol aplinkos vaizdas pradeda ryškiai fokusuotis tinklainėje, tol per trumpas akies obuolys auga. Įtemptas ir dažnas žiūrėjimas į artimus daiktus skatina akies obuolio augimą, kurį reguliuoja nervų sistema.



4 pav. Sferiniai refrakcijos sutrikimai ir jų korekcija [8].

Kai akies obuolys yra per ilgas jo laužiamajai galiai, esti trumparegystė (miopija) (4 pav., A, vidurys). Žiūrint į tolį, lygiagretūs spinduliai fokusuojasi prieš tinklainę, artimasis ir tolیمasis taškai priartėja arčiau akies. Be akinių trumparegis (miopas) tolیمus daiktus mato neryškiai, tačiau iš arti gali ir be jų gerai matyti. Spindulius sklaidančiaisiais lęšiais, kurie židinio tašką paslenka iki tinklainės, koreguojama ši sferinė refrakcijos yda (4 pav., B, vidurys).

Kai akies obuolys yra santykinai per trumpas jo laužiamajai galiai, esti toliaregystė (hipermetropija) (4 pav., A, dešinė). Žiūrint į tolį, lygiagretūs spinduliai fokusuojasi už tinklainės, artimasis ir tolیمasis taškai pasislenka tolyn nuo akies. Toliaregiai, žiūrėdami į tolį, savo netikslų regėjimą gali kompensuoti be akinių, nevalingai akomoduodami, tačiau tai sukelia netaisyklinga akių padėtį (konvergencija). Spindulius glaudžiančiais lęšiais, kurie židinio tašką perkelia atgal į tinklainę, koreguojama ši sferinė refrakcijos yda (4 pav., B, dešinė).

Senatvinė toliaregystė (presbiopija) nėra sferinis refrakcijos sutrikimas. Senstant lęšiuko standumas vis didėja, o sugebėjimas keisti formą – mažėja. Taip yra todėl, kad lęšiukas auga visą gyvenimą, o jo ląstelės negali atstumti kapsulės. Akomodacijos plotis vyresnio amžiaus žmonių mažėja kas 5 metai – apie 0,75 dpt. Tolimasis taškas nekinta, o artimasis taškas pasislenka tolyn nuo akies, vadinasi, akomodacijos sritis siaurėja. Taigi, esant senatvinei toliaregystei, reikalingi akiniai skaitant [8].

2.2 Matymo suvokimas

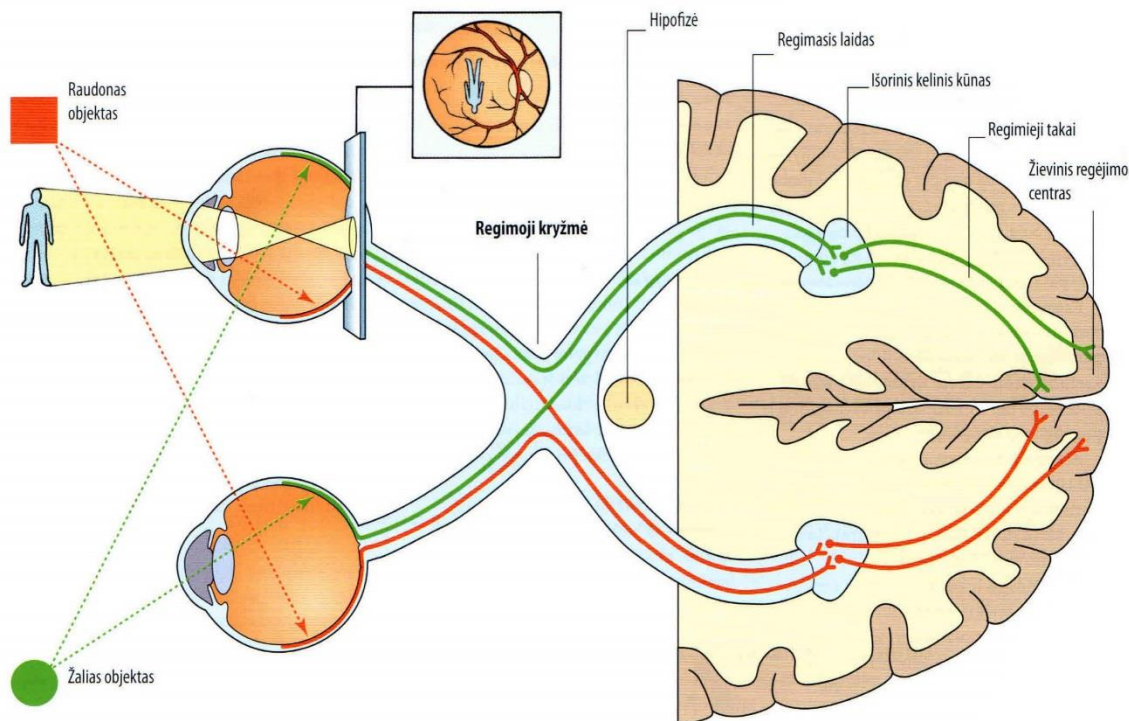
Matymas – sudėtinis procesas, kurio metu smegenys suvokia vaizdą (5 pav.). Tinklainėje, kai šviesos impulsai yra paverčiami elektriniais impulsais, prasideda matymas. Jautrūs pigmentai, sudaryti iš retinalio (retinolio aldehydo iš vitamino A) ir opsino (baltymo), reaguoja tinklainėje į šviesą. Struktūrinius retinalio pokyčius, kurie nulemia cheminius opsino pokyčius, sukelia sugerta šviesa. Ląstelės tampa hiperpoliarizuotos ir pakinta jonų kanalai, esantys fotoreceptorių ląstelių membranose. Iš rodopsino, kuris reaguoja į 505 nm ilgio šviesos bangas, sudaryti stiebelių fotoreceptoriai. Akis jautriausia prietemoje, veikiant tokio ilgio bangoms. Kūgelių fotoreceptoriai yra trijų rūšių: kiekvienas jų sudarytas iš pigmento, kuris yra maksimaliai jautrus mėlynai, žaliai ar raudonai spalvai. Tai – spalvinio regėjimo pagrindas.

Svarbus fiziologinis procesas yra prisitaikymas matyti tam tikroje šviesoje. Kelias minutes trunka prisitaikymas matyti tamsoje ir reikalauja regos pigmentų, ypač esančių stiebeliuose, regeneracijos.

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

Galvos smegenyse, išoriniame keliniam kūne bei žieviniam regėjimo centre vyksta tolesni vaizdo apdorojimo procesai. Svarbios pažinimui, orientacijai ir judesiams, pavyzdžiui, skaitymui, rašymui ir pakartojimui yra apatinės momens sritys.

Matomo vaizdo topografinis atvaizdas yra išlaikomas regėjimo takuose, todėl jų pažeidimai pasireiškia būdingais regėjimo lauko pakitimais.



5 pav. Žmogaus matymo procesas [6].

Akies gebėjimas matyti du greta esančius daiktus kaip atskirus tai – regėjimo aštrumas (lot. *visus*). Vienai žiūros kampo minutei lygus mažiausias atstumas tarp objektų, kai juos matome kaip du atskirus [6]. Centrinėje duobutėje regėjimo aštrumas yra didžiausias, o tinklainės periferijoje jis mažėja. Tik esant ryškiam dienos apšvietimui regos aštrumas atitinkamai būna lygus 1, o tamsoje jis daug mažesnis (0,1), nes tada centrinės duobutės kolbelės beveik nefunkcionuoja [8].

2.2.1 Stereomatymo samprata

Atpažinti ir įvertinti analizuojamą objektą yra pagrindinė akių funkcija. Stebėti objektus žmogus gali ir viena akimi (monokulinis (vienakis) regėjimo būdas) ir abiem akimis (binokulinis (abiakis) regėjimo būdas). Erdvinio objektų išsidėstymo, jų apimties tiesiogiai nesuvokiame stebėdami viena akimi, o stebėdami abiem akimis galime įvertinti objektų erdvinį išsidėstymą trimatėje erdvėje, jų erdvinis vaizdas suteikia realų trimatiškumo (3D) ir gylį pojūtį [2]. Tai užtikrina sudėtingiausia binokulinio matymo forma – stereomatymas [3].

Taškas esantis žiūros linijoje patenka į abiejų akių centrinės tinklainės vietas. Viena nuo kitos akys yra nutolusios apie 6 cm atstumu, todėl tą patį objektą mato skirtingu kampu. Taškai, kurie patenka į simetrines tinklainių vietas, t. y. vietas, esančias toje pačioje pusėje ir vienodai nutolusias nuo centro, matomi viengubi. Disparatiškumis vadinamos nesimetrinės tinklainių vietos.

Smegenyse binokulinis disparatiškumas yra naudojamas kaip informacija nustatyti daiktų padėtį kūno ir vienas kito atžvilgiu. Matomi viengubi ir atrodo esantys arčiau arba toliau nedidelio disparatiškumo taškai. Taip atsiranda stereomatymas, t. y. trečiosios dimensijos arba erdvės matymas [4]. Didesnio disparatiškumo vaizdai sukelia matomų daiktų dvejinimą, kitaip vadinamą diplopiją [2].

Stereomatymas pirmą kartą buvo aprašytas 1838 m. Wheatstone. Ši žmogaus regos savybė nėra įgimta. Stereomatymas formuojasi po gimimo, intensyviausiai – per pirmuosius aštuonis gyvenimo mėnesius ir visiškai subręsta apie 6 – 7 vaiko gyvenimo metus [3].

Binokulinis matymas, tiksli akių vergencija ir akomodacija yra būtini stereomatymui. Tokie monokulinio matymo būdai, kaip artumas, šešėliai, perspektyva, dalinis persidengimas ir paralaksas, padeda interpretuoti matomus objektus ir orientuotis aplinkoje, kai nėra binokulinio matymo, pavyzdžiui, dėl žvairumo ar ambliopijos [4,6]. Tačiau tai nesuteikia tikslios informacijos, kokią būtent suteikia binokulinis stereomatymas. Jį ištyrus, galima diagnozuoti kai kurias akių ligas, kaip ambliopiją, mikrožvairumą, akių raumenų pusiausvyros sutrikimus. Taip pat galima prognozuoti žvairumo gydymą, o lavinant stereomatymą, galima pagerinti gydymo rezultatus.

Norint įvertinti stereomatymą yra naudojami specialūs testai, kurie interpretuojami remiantis tik binokuliariškumo principu. Tyrimo metu yra nustatomas disparatiškumo slenkstis, kuo jis mažesnis, tuo aštresnis stereomatymas. Stereomatymo aštrumas – tai mažiausias binokulinis vaizdo disparatiškumas, kuris matuojamas lanko sekundėmis. 14 – 40 lanko sekundžių yra suaugusio žmogaus stereomatymas. Stereomatymas tiriamas iš toli – 5 – 6 metrų ir iš arti – 40 cm. Metodikos, pagrįstos keliais principais, naudojamos stereomatymo tyrimui. Žiūrint per specialius poliaroidinius akinius, vektogramos sukelia vaizdo disparaciją – tai poliaroidinės vektografijos metodas. Titmus stereotestas, kurį sukūrė W. Wirt 1971 m., pagrįstas tuo principu. Naudojant šį testą galima kiekybiškai nustatyti stereomatymo aštrumą nuo 3000" iki 40" ir šis testas plačiai naudojamas klinikinėje praktikoje. Vaizdų disparacija anaglifiniuose

paveiksluose išgaunama naudojant papildomas spalvas ir žiūrint per specialius spalvotus akinius. Tiek Titmus, tiek anaglifinių paveikslų stereotestai yra kontūriniai. Vaizdų disparacija atsitiktinių taškų stereogramose išgaunama naudojant taip pat papildomas spalvas ir specialius spalvotus akinius, tik jose monokuliariai nematomi piešinio kontūrai. Du principai panaudoti Lango stereoteste: atsitiktiniai taškai ir regėjimo laukus atskiriantys cilindrai, tyrimas atliekamas be specialių akinių. Stereomatymą galima išmatuoti nuo 1200" iki 550", naudojant šį metodą [3].

2.2.2 Stereomatymo sutrikimų priežastys

Dažniausios regos ir abiakio regėjimo sutrikimo, žvairumo ir ambliopijos priežastys yra ametropijos (toliaregystė, trumparegystė, astigmatizmas) [9].

Sutrikimas, kurį sukelia vieno ar kelių akių judinančių raumenų netaisyklinga, nesuderinta veikla, dėl ko žmogus negali nukreipti abiejų akių ašių į vieną tašką, ir viena arba abi akys klaidžioja yra žvairumas arba strabizmas. Akių judėjimą užtikrina 6 raumenys, kuriuos turi kiekviena akis. Visų šių raumenų darbą kontroliuoja smegenys. Svarbu, kad jų darbas būtų suderintas [10]. Taigi, akių žiūros linijos sutapimas priklauso nuo nesutrikusio aferentinio kelio (regėjimo), nesutrikusio eferentinio kelio (nervai ir akies išoriniai raumenys) ir normalaus regėjimo suvokimo smegenų centruose. Šioje aferentinėje – centrinėje – eferentinėje grandinėje gali vystytis visos žvairumo priežastys. Galimos žvairumo priežastys:

- Paveldimumas.
- Akių judinančių raumenų paralyžius.
- Neteisingas raumenų ar jų raiščių prisitvirtinimas. Gali net visai nebūti raumens. Arba jis gali būti dvigubas.
- Neteisinga raumenų inervacija. Nervas gali įaugti ne į tą raumenį.
- Akomodacinio žvairumo priežastis – toliaregystė, bet žvairuoja toli gražu ne visi toliaregiai vaikai.
- Vienos akies aklumas ar labai silpnas regėjimas dėl ligos (pvz., kataraktos, tinklainės ar gyslainės ligų, auglių ar įgimtų pakitimų). Toks žvairumas visada yra vienpusis.
- Nervų ar įgimos ligos: cerebrinis paralyžius, hidrocefalija, Dauno sindromas.

Žvairumas gali kisti keičiant žvilgsnio kryptį, taip pat jis gali būti nuolatinis ar protarpinis.

Nesąmoningomis pastangomis yra kontroliuojamas paslėptas nuokrypis: tam tikrais atvejais, tokiais kaip nuovargis, kontrolė prarandama ir nuokrypis tampa ryškus. Forija yra paslėptas žvairumas, o tropija – tikrasis žvairumas.

Kai viena akis žvelgia tiesiai, o kita krypsta į nosies pusę, toks žvairumas vadinamas konvergentiniu žvairumu arba ezotropija. Dažniausiai dėl anatominių priežasčių – plačios nosies šaknies ir vertikalių odos raukšlių vidinėje pusėje, ši menama (pseudo) konvergencija yra dažna, ypač jauniems asmenims. Šiuo atveju normalus binokulinio matymo vystymasis yra nepakankamas. Konverguojančio žvairumo retoms priežastims priklauso Dauno sindromas ir šeštojo nervo paralyžius. Kai akys krypsta į išorę, į smilkinio pusę, toks žvairumas vadinamas divergentiniu žvairumu arba egzotropija. Šio tipo žvairumas gali būti pirminis arba antrinis dėl organinių regėjimo praradimo priežasčių ar pasireiškiantis po konverguojančios deviacijos. Pradžioje pirminė egzotropija yra nenuolatinė, pasireiškia nuovargus, svajojant ar žiūrint į tolimus objektus. Įtakos tam gali turėti miopija. Išlaikytas gali būti abiakis matymas, kontroliuojant nuokrypį. Dažnesnė yra antrinė divergencija dėl regėjimo netekimo. Vertikalus žvairumas yra rečiau. Akys gali krypti į viršų arba žemyn. Vertikali nuokrypa gali būti pastebima, tik žmogui žvelgiant į šoną.

Žvairumas vadinamas drauginiu, jei žvairumo kampas yra tas pats visomis kryptimis, o jei keičiasi – nedrauginiu.

Mikrožvairumu (mikrotropija) vadinamas toks žvairumas, kai:

- žvairumo kampas labai mažas, iki 5 laipsnių,
- vietoj normalaus stereomatymo esti periferinis suliejimas [11].

Dėl neurologinių ligų, tokių kaip cerebrinis paralyžius ar hidrocefalija, gali atsirasti žvairumas, nistagmas ir kitų akių judesių pakitimų vaikams. Dėl gimdymo traumos gali ilgą laiką būti neatpažintas viršutinio įstrižo raumens silpnumas, kol neatsiranda priverstinė galvos padėtis ir akių įtampas bei dvejinimosi simptomų. Reta viršutinio įstrižo judesio patologija yra Brauno sindromas. Per didelis apatinio įstrižinio raumens aktyvumas, priverčia akį suktis aukštyn. Vaikams gali atsirasti ir daug suaugusiųjų žvairumui būdingų priežasčių, tokių kaip sunkioji miastenija, akiduobės lūžimas, miopatija ir nervo paralyžius.

Suaugusiųjų ir vaikų žvairumą yra sunku atskirti, praktiniame darbe diferencijuojama dėl dviejų priežasčių:

- Po jautraus regos vystymosi periodo (maždaug iki 7 metų amžiaus) žvairumo atsiradimas paprastai sukelia dvejinimąsi.
- Taip pat ligos, kurios sutrikdo akių padėties eferentinių nervinių skaidulų kontrolės mechanizmus, dažniausiai sukelia suaugusiųjų žvairumą.

Dvejinimasis yra pagrindinis simptomas, kai aiškiai matomi du vaizdai, bet jie yra atskirai vienas nuo kito. Reikia tai skirti nuo pablogėjusio matymo ir monokulinio dvejinimosi, paprastai sukelto kataraktos. Jei žiūros linijų nesutapimas sukelia dvejinimąsi, tai užmerkus vieną akį, jis išnyksta. Jei ligos eiga kinta ar akių žiūros linijos keičiasi su žvilgsnio kryptimi, dvejinimasis gali būti protarpinis. Taip pat, jis gali būti horizontalus, vertikalus ar įstrižas, priklausomai nuo abiejų akių padėties viena kitos atžvilgiu. Be dvejinimosi žvairumas nurodo, kad smegenys slopina vienos akies vaizdą. Dažniausiai tai atsiranda, esant vaikystės žvairumui, bet gali išsivystyti kaip dvejinimosi slopinimas.

Suaugusiųjų žvairumui didelės įtakos turi specifinės ligos. Paprastai dėl kataraktos ar tinklainės ligų, vienas regėjimo netekimas sutrikdo smegenų aferentinį grįžtamąjį atsaką ir pastangas kontroliuoti abiejų akių padėtį.

Nuo smegenų ląstelių iki orbitos tęsiasi trečias, ketvirtas ir šeštas galviniai nervai, kurie gali būti pažeisti bet kuriame taške. Divergenciją, ptozę ir vyzdžių išsiplėtimą sukels trečio nervo pažeidimas. Jis gali išnykti, bet dažnai tai būna nevisiškai ir nepakankamai. Ketvirto nervo pažeidimo padarinys – vertikalus arba įstrižas dvejinimasis. Dažniausia pažeidimo priežastis yra švelni galvos trauma. Lengva nustatyti šešto nervo paralyžių, kai akis konverguoja ir jos negalima pasukti į išorę.

Autoimuninė liga, kurios metu antikūnai blokuoja acetilcholino receptorius neuroraumeninėje jungtyje, yra sunkioji miastenija. Autonominė sistema į procesą neįtraukta. Pasireikšti gali tik akių simptomų.

Proptozę ir raumenų silpnumą sukelia akies išorinių raumenų ir akiduobės minkštųjų audinių uždegiminių ląstelių infiltracija su paburkimu.

Miozitą gali sukelti nespecifinis akiduobės uždegimas.

Lėtinė progresuojanti išorinė oftalmoplegija (LPIO) arba kitaip paveldėta akiduobės miopatija yra mitochondrijų DNR sutrikimas, paveldėtas iš motinos. Dvejinimasis nebūdingas, nes raumenų pakitimai yra simetriški. Bet atsiranda abipusė ptozė.

Orbitos audinių ir apatinio tiesiojo raumens įstrigimą sukelti gali orbitos apatinės sienos lūžimai. Pažeidimo pusėje akis gali būti nukrypusi į apačią ir negalėti judėti aukštyn ar visiškai žemyn. Dvejinimasis labiau pastebimas, kai akis pasukama į viršų ar žemyn, nei žiūrint tiesiai.

Nuo takų, prasidedančių galvos smegenų pusrutuliuose, smegenėlių ir vestibuliariniuose branduoliuose, kurie tęsiasi į horizontalaus žvilgsnio centrą tilte ir vertikalaus žvilgsnio centrą vidurinėse smegenyse, priklauso akių judesių koordinacija. Visa tai yra viršbranduolinė akių judesių kontrolė. Į trečio, ketvirto ir šešto galvinių nervų branduolius tęsiasi žvilgsnio centrai. Jų pažeidimai gali sukelti įvairius akių judesių sutrikimus. Išemija, kraujosruva, navikas ir demielinizacija yra dažniausios priežastys. Pažeidus užpakalines vidurines smegenis ir į Parkinsono panašaus sindromo metu, progresuojant viršbranduoliniam paralyžiui, atsiranda vertikalaus žvilgsnio sutrikimų [12].

Žvairumas nėra tik kosmetinis trūkumas, nes jam atsiradus, vaiko smegenys suvokia du vaizdus, kurių nesugeba sujungti į vieną. Tada vaikui pradeda dvejintis akyse, o į tai tuoj sureaguoja smegenys, stengdamosi nuslopinti vieną vaizdą. Ignoruodamas vaizdą iš žvairuojančios akies, vaikas greitai adaptuojasi. Supresija (slopinimas) vadinamas šis procesas. Kai vaiko akis nedarba, nesivysto regėjimo centrai smegenyse. Jei tai tęsiasi, išsivysto ambliopija arba kitaip vadinama „tinginė akis“, mažėja žvairuojančios ir tuo metu faktiškai nedalyvaujančios regėjimo procese akies regėjimo aštrumas. Taigi, ambliopija yra regėjimo vystymosi sutrikimas, sukeltas optinių, fizinių ar akių padėties defektų ankstyvoje vaikystėje. Ko pasekoje, vaikas nebeturi abiakio (binokulinio) matymo, nemato erdvinio vaizdo, jam sunkiau sekasi nustatyti atstumą tarp daiktų, jų dydį, tūrį. Suaugusiojo smegenų adaptacinės galimybės yra ribotos, todėl pradėjus žvairuoti suaugusiajam, beveik visada lieka dvejinimasis [13].

Ambliopijos paplitimas yra 1,6 – 3,6 %. Neišgydyta ambliopija lieka visam gyvenimui ir gali bloginti gyvenimo kokybę. Pavyzdžiui, jei regos aštrumas su korekcija blogesniąja akimi yra mažesnis nei 0,2, tai Lietuvoje draudžiama vairuoti automobilį. Ambliopas, praradęs gerąją akį, apanka dažniau nei neambliopas [14].

Ambliopijos priežastys yra:

- Kliūtys forminiam matymui: katarakta, nusileidęs ir vyzdį dengiantis vokas, ragenos drumstys.
- Optinis nesufokusavimas: refrakcijos ydos, skirtinga akių refrakcija (anizotropija).
- Žvairumas dažniausia ambliopijos priežastis (50%).

Ambliopijos pavidalai:

- Disbinokulinė, kurios priežastis – žvairumas. Ji išsivysto, kai žvairuoja tik viena akis.
- Anizometropinė, atsirandanti dėl didelio refrakcijos skirtumo tarp akių.
- Izoametropinė (refrakcinė) – tai tokia ambliopija, kai abiejų akių refrakcijos ydos yra panašios.
- Ambliopija „dėl nežiūrėjimo“ gali atsirasti dėl optinių terpių drumsčių (kataraktos, ragenos drumsčių) ar vokų nusileidimo (ptozės). Ypač pavojinga, kai drumstys yra pirmaisiais gyvenimo mėnesiais. Taip pat ambliopija gali atsirasti ir tada, kai, gydant per ilgai dengiama geroji akis [15].

Ambliopos akies blogas ne tik regos aštrumas, bet pablogėja ir kontrastinis regėjimas. Tai reiškia, kad matomų objektų kontūrai yra neryškūs, išsilieję. Ambliopams būdingas taip vadinamas „krūvos“ fenomenas. Kai lengviau yra perskaityti pavienes raides, o ne raides „krūvoje“. Todėl ambliopas gali gerai įžiūrėti smulkias raides, jei jos yra rodomos po vieną, bet neperskaityti teksto didesnėmis raidėmis. Dėl ambliopijos gali sutrikti ir akomodacija (fokusavimas) [13].

3. Trijų dimensijų technologija

Filmai yra neatsiejama šiuolaikinio žmogaus gyvenimo dalis. Vieni juos žiūri rečiau, kiti be pastarųjų negali praleisti nė dienos. 3D filmams yra skiriamas ypač didelis dėmesys. Žmonėms šio formato filmai tapo labai įdomia pramoga, nes tai kažkas kitokio ir neįprasto. Žiūrovai taip įtraukiami į ekrane matomą vaizdą, jog dažnas patiki, kad tikrai stovi filmavimo aikštelėje [16].

3.1 Erdvinis vaizdavimas

Iš graikų kalbos kilęs žodis stereo reiškia „susijęs su erdve“. Kalbant apie paveikslus arba filmus, vartojamas terminas 3D, čia 3D reiškia trijų dimensijų (matmenų) vaizdavimą.

Vaizdinės medžiagos atvaizdavimo būdas, suteikiant jai realų trimatiškumo (3D) ir gylį įspūdį, vadinamas stereoskopija. Kiekvienai akiai pateikiant skirtingą paveikslą, pasiekiamas šis efektas. Tas pats objektas tik pasuktas kiek kitu kampu atvaizduotas kiekviename paveiksle.

Trijų matmenų aplinkoje gyvena žmogus. Žmonės negali judėti aplinkoje, neturėdami erdvės supratimo. Daugiausia akimis sukuriamas erdvės suvokimas. Orientuotis erdvėje yra daug būdų: pagal perspektyvą, spalvą, judesį, kontrastą.

Įprasti filmai ar paveikslai ant popieriaus skirti tik vienai akiai. Tik su vieno lęšio kamera, nufotografuota nuotrauka, neperteikia tikro erdvinio vaizdo ir yra plokščia. Erdvinis vaizdas gaunamas, kai imituojant akis, kameroje naudojami du lęšiai. Žmogaus smegenyse sukuriamas trimatis vaizdas, kai žiūrima į stereoskopinį paveikslą. Žmogaus žiūrėjimą į trimatį objektą kopijuoja stereoskopinė fotografija, imdama pora fotografijų, atskirtų atstumu, lygiu atstumui tarp žmogaus akių. Tada kairei ir dešinei akims pateikiama po vieną fotografiją ir smegenyse sukuriamas trimatis vaizdas. Tam, kad jis būtų matomas, kiekviena akis turi matyti šiek tiek kitokį vaizdą. Taigi, kad gautų erdvinį vaizdą smegenys „sudeda“ du vaizdus.

Taikant fotografiją, kompiuterius ar lazerius gaunamas stereoskopinis vaizdas. Naudojantis stereoskopu (pvz.: skaidrės) gali būti peržiūrimi 3D vaizdai arba kompiuterio monitoriuje. Taip pat yra anaglifinių vaizdų, kurie sudaryti iš dviejų sutampančių vaizdų, kurių vienas paprastai raudonas, o kitas – mėlynas arba žalias. Taip yra sukuriamas stereoefektas. Žiūrėti į šiuos vaizdus reikia pro raudonai žalius arba raudonai mėlynus 3D akinius. O skaitmeninei stereoprojekcijai reikalingi „pasyvūs“ poliarizuoti 3D akiniai arba „aktyvūs“ skystųjų kristalų akiniai [17].

3.2 3D filmų atsiradimas ir vystymasis

XIX a. pabaigoje – XX a. pradžioje pradėjo kurtis kino pramonė. Būdų kaip vaizdą parodyti trimatėje erdvėje kūrėjai ieškojo nuo pat pradžių, kuomet filmai tebebuvo gaminami judančių paveikslėlių principu. Šioje eroje dominuojančia technologija tapo 3D stereoskopija. Pasak originalaus Viljamo Friese – Greene patento, stereoskopiniai 3D filmai buvo transliuojami į du atskirus ekranus. Žiūrovų akys, matydamos tokio tipo transliaciją, sujungdavo šiuos du atskirus paveikslus. Būtent tai ir sudarydavo trimačio vaizdo iliuziją [16].

„L’arrivée du train“ (Traukinio atvykimas) buvo vienas pirmųjų 3D filmų. To meto viename iš populiariausių trumpametražių filmų broliai Lumiere pademonstravo traukinio atvykimą į stotį, įgarsinimui pasirinkdami tikrąją šios transporto priemonės skleidžiamą garsą. Atrodo, kad filmo kokybė ir tikroviškumas buvo išties puikūs – dalis salėje susirinkusios publikos išsigąsdavo, jog traukinys įvažiuos į juos. 1922 metais pasirodė pirmasis komercijos

tikslais išleistas 3D filmas „The power of Love“ (Meilės galia). Šis filmas naudojo „anaglyph“ tipo akinius [18]. Šie akiniai turi skirtingų spalvų filtrus: kairėje akyje yra raudonas filtras, o dešinėje – mėlynas. Tai yra dažniausiai pasirenkamos spalvos, nes tokia kombinacija kuria mažiau besidubliuojantį vaizdą nei kitų spalvų paletė. Ši technologija yra pigi, nes akinių gamyba yra pigi, tačiau vaizdo kokybė yra labai prasta. Į akis ateinantis vaizdas praeina pro spalvų filtrus, todėl matomas tik kelių spalvų vaizdas.

Šiandien ši technologija yra patobulinta, bet principas išliko tas pats. Ji parenka skirtingą šviesos srautą kiekvienai akiai. Akiniai yra padalinti į kelis sluoksnius. Kiekvienas sluoksnis priima skirtingą šviesos spektrą, taip gaunamas 3D efektas. Siekiant atvaizduoti gerą vaizdą ši gamybos technologija apima daugiau nei 10 sluoksnių. Naudojant kitas spalvų filtro technologijas įmanomą išgauti pakankamai gerą, spalvotą vaizdą [19].

Filmų kūrėjai ir teatrų savininkai toliau eksperimentavo su 3D rinka. 1922 metų pabaigoje Laurens Hammondas ir William F. Cassidy debiutavo su savąja „Teleview“ sistema. Greitais kadro kaitaliojimais iš dviejų filmo juostų pasižymėjo ši projekcijos forma. Pagal „Teleview“ sistemą, dėl sudėtingo formato, buvo sukurtas tik vienas filmas.

Eksperimentai tęsėsi kelis dešimtmečius, tačiau didelės išlaidos ir Didžiosios Depresijos negandos neleido studijoms dirbti pilnu pajėgumu 3D srityje. Tačiau vieną sėkmę pažymėtą pavadinimą – „Audioscopiks“ turi ir šis laikotarpis. Filmas buvo suprojektuotas pagal raudonos – melsvos „anaglyph“ formatą. Už geriausią trumpametražį filmą „Audioscopiks“ tapo 1936 metų Oskaro laureatu.

Pasirodė kita, daug žadanti technologija, galėsianti pakeisti tradiciniais tapusius stereoskopinius 3D filmus. Edwin H. Land išrado poliarizuotą plėvelę, kuri leidžia absorbuoti šviesą ir reguliuoti jos pralaidumą priklausomai nuo poliarizacijos kristalo padengimo tankumo. Netrukus kūrėjas įžvelgė ir savo atradimo potencialą 3D filmų projekcijoje. Deja, naujoji technologija reikalavo naujų projektorių ir sidabro paviršiaus lentų. Vos keli teatrai galėjo priimti didesnes išlaidas.

Manoma, kad 1950-ieji buvo pirmieji aukso metai trimačiui kinui. Vis daugiau vartotojų ir teatrų savininkų buvo imlūs naujoms technologijoms, dėka po karo išaugusios ekonomikos. Vaikų tarpe 3D akiniai tapo itin populiarūs dėl daugybės 3D komiksų knygučių bei pridedamų „anaglyph“ akinių. Kurie paremti technologija, kai sukuriamas trijų dimensijų vaizdas sujungiant

porą atskirų nuotraukų. Dar iki šių dienų komiksai kartais naudoja šį formatą, o naujausias pavyzdys yra „Final Crisis: Superman Beyond“ (Galutinė krizė: Supermenas anapus).

Nors stereoskopiniai 3D filmai dažniausiai būdavo spausdinami ant raudonų ir mėlynų ričių, patys filmai išliko nespaltoti. 1952 metais įvyko lemtingas lūžis – buvo išleistas pirmasis spalvotas 3D filmas, pavadinimu „Bwana Devil“ (Bvana velnias). Filmą išpopuliarino Edwin Land'o poliarizuojančius filtrus. Daugumai šio laikotarpio 3D filmų naujieji filmai tapo standartu [18].

Filmas „House of Wax“ (Vaško namai) pasirodęs 1953 metais buvo pirmasis trijų dimensijų filmas transliuojamas su stereofoniniu garsu, kuris savo šlove dalijosi su Vincento Price sensacingu balsu.

Į naują 3D sferą penkiasdešimtaisiais taipogi įsitraukė ir „Disney“. Šios kompanijos sukurtas trumpas filmas buvo pavadintas „Melody“ (Melodija).

Iš esmės, kino studijos orientavosi į siaubo žanrą, kai jis atėjo į trimačių filmų rinką. Kita populiari trijų dimensijų atrakcija buvo filmų su monstra klasika „The Creature From the Black Lagoon“ (Padaras iš juodųjų marių). Net ir Alfred'as Hitchcock'as pradėjo eksperimentuoti su šiuo formatu, ko pasekoje pasaulį išvydo „Dial M for Murder“ (Įvykus žmogžudystei skambinkite M). Abu šedevrai padėjo pritraukti dar didesnę populiarumą trimačiams filmams.

Nepaisant šios pažangos, dar to dešimtmečio viduryje, trijų dimensijų filmai prarado populiarumą. Svariausios priežastys buvo techninės. Dviejų ričių, kurios būtų rodomas tobuloje sinchronizacijoje, reikalavo 3D projektoriai. Lengvai sukelti įtampą akims ir galvos skausmus žiūrovams galėjo net ir nedidelės klaidos sinchronizacijoje. Reguliarios priežiūros taip pat reikalavo ir nuolatinis geros kokybės kino juostų palaikymas. Tokias pačias problemas kaip ir neteisingai sinchronizuotos kino juostos ar sugedusi įranga su laiku galėjo sukelti ir maži fiziniai defektai. Susumavus šių filmų unikalumą, t. y. retumą, ir 3D įrangos brangumą, kino teatrai trijų dimensijų filmus matė toli gražu ne kaip tobuliausią investiciją [18].

Kino kūrėjams 3D kino formatas buvo itin svarbus, tačiau septintame dešimtmetyje jis ėmė merdėti. Vis dėlto, keletui drąsių kino kūrėjų tai nesutrukdė stengtis toliau. „The Mask“ (Kaukė) filmas, parodytas 1961 metais, buvo vienas iš tų neįprastų kūrinių avangardo srityje. Jis buvo transliuojamas 2D, išskyrus scenas kuomet pagrindinis filmo herojus užsidėdavo prakeiktą genties kaukę. Tuo metu, visą filmą ramiai sėdėjusiems žiūrovams būdavo nurodoma užsidėti „anaglyph“ tipo akinius.

Šiek tiek vėliau, kuomet prodiuseris Arch Goble rado būdą, kaip pakeisti dviejų ričių metodą įvyko antrasis 3D atgimimas. Naujoji jo technologija, pavadinimu „Space-Vision 3D“, veikė suliejant du stereoskopinius vaizdus į vieną filmo ritę. Filmu metu, tol, kol ritė buvo tinkamai sujungta, stebėtojams nebereikėjo jaudintis dėl sinchronizavimo problemų, kurios iki tol kėlė daug rūpesčių. Tačiau ir ši technologija buvo netobula, nes ja transliuojamiems filmams trūko detalių aiškumo ir spalvų sodrumo.

Kompanija „Stereovision“ 1970 metais sukūrė kitą technologiją. 3D formato ritės buvo tarsi suglaustos bei sudarydavo vientisą kino juostą, gavusią anamorfinės juostos pavadinimą. Dažnai sutinkama ir anamorfinio plačiaekranio sąvoka, tai tuo atveju plačiaekranis vaizdas rodomas horizontaliai suspaudus visą kino juostą. Vėliau filmo ritės pereidavo per „polaroid“ tipo filtrą, kuris atkuria originalų plačiaekranio aspekto santykį. „Stereovision“ technologija veikia panašiais techniniais apsektais – dviejų atskirų filmo ričių vaizdams perėjus per „polaroid“ filtrą šie susijungdavo bei taip buvo gaunamas itin įtikinamas 3D vaizdas. Pasinaudojęs „Stereovision“ technologija, pirmasis filmas buvo mažo biudžeto, vulgaraus tipo komedija pavadinimu „The Stewardesses“ (Stiuardėsės). 3D kino srityje tai buvo naujos tendencijos pradžia. 70-aisiais ar 80-aisiais daugelis šių filmų buvo skirti vyresnio amžiaus žiūrovams ir smurto bei siaubo žanro filmų gerbėjams.

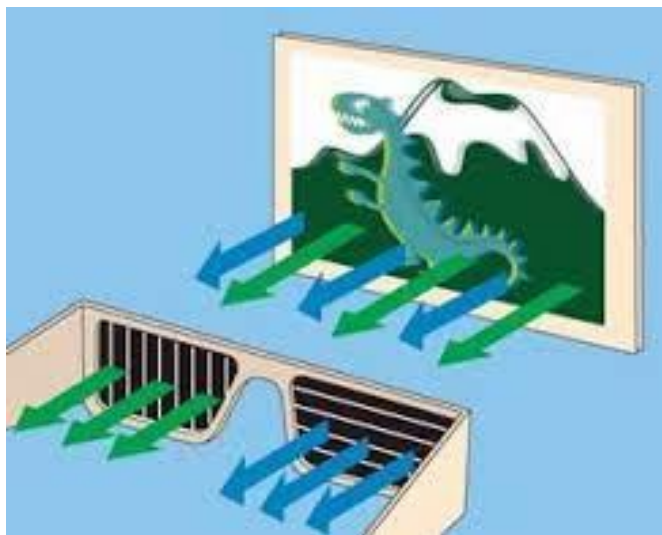
Nepaisant antrojo 3D atsigavimo, aštuntame ir devintame dešimtmečiuose, 3D plėtotojams galiausiai nepavyko išvengti ir kito smūgio. Deja, 3D filmai vis dar buvo galvos skausmas teatrams ir brangus įgeidis filmų kūrėjams, nors ir filmų technologijos gan smarkiai pasistūmėjo. O auditorija tuo tarpu naudojo vis dar pigius ir 30 metų standartu išbuvusius „anaglyph“ tipo akinius. Taip dar kartą iš kino pramonės dingo 3D formatas.

Vis dėlto, keletas kūrėjų nenuleido rankų ir toliau siekė sukurti pigesnę ir vizualiai įspūdingesnę 3D technologiją. 8-ajame dešimtmetyje „IMAX“ tapo viena pagrindinių 3D filmų gynėjų. Šios kompanijos produkcija pasižymėjo griežtu, beveik matematiniu, trijų dimensijų vaizdo projektavimu. Varginančiomis pastangomis užtikrinusi filmų ričių sinchronizaciją, „IMAX“ savo žiūrovus tikino nebepatirsiant akių bei galvos skausmų ir nuovargio, su kuriais nuo seno buvo siejami trimačiai filmai. „IMAX 3D“, taip buvo žinomas šis procesas, vartotojams siūlė tikrovišku vaizdu mėgautis plačiuose ekranuose ir žadėję geresnę kokybę nei pigesni, ankstesnes technologijas tebenaudojantys 3D filmai.

3D rinkoje taip pat blaškėsi ir „Disney“. 1986 metais „Disney“ pradėjo rodyti Francis Ford Coppola mokslinės fantastikos filmą „Captain Eo“ (Kapitonas Eo), kuriame vaidino ir garsusis dainininkas Michael Jackson. „Captain Eo“ plačiai auditorijai pademonstravo naujausias 3D technologijos galimybes, nors jį ir buvo neįtikėtinai brangu prodiusuoti. Filmą net buvo vadinamas „4D filmu“, nes „Disney“ kino teatras žiūrovus stebino lazerių šviesomis, rūko efektais ir hidraulinių kėdžių sukeliama efektais, kurie akomponavo filmui.

Savo trimačių kino filmų technologiją pradėjo plėtoti „IMAX“. Lemtingas metas šiam formatui atėjo 1986 metų „Expo“ renginyje Vankuveryje, kur buvo pademonstruotas filmas „Transitions“ (Perėjimai). Jis tapo pirmąja kino juosta, kurioje trimatis efektas buvo sukurtas remiantis poliarizuojančių lęšių technologija, o ne įprastiniais „anaglyph“ akiniais.

Specialiųjų lęšių dėka, žiūrovą pasiekiančio vaizdo srauto spinduliai laužiami per akinius, kadangi lęšiai vaizdą poliarizuoja skirtingai, šis kiekvieną akį pasiekia kiek pakitęs (6 pav.). Smegenims priimančios šios du vienodus, bet kartu ir unikalius vizualinio srauto duomenis, jie sujungiami į vieną trimatį vaizdą. Vienas svarbiausių poliarizuojančių lęšių privalumų yra galimybė daugybei žiūrovų iš skirtingų matymo pozicijų stebėti filmą vienu metu ir visiems mėgautis tokia pat puikia vaizdo kokybe [20].



6 pav. Poliarizuotų akinių veikimo principas [20].

Šiomis dienomis minėta technologija naudojama taip: į kiekvieną akį atėjęs vaizdas yra skirtingos poliarizacijos. Naudojami pasyviniai akiniai, kad filtruotų tinkamą vaizdą kiekvienai

akiai. Šis metodas yra populiarus kino teatruose naudojant du sinchronizuotus projektorius su skirtingais poliarizacijos filtrais. Abu gauti vaizdai netrukdo vienas kitam, nes atsispindėjęs vaizdas yra skirtingos poliarizacijos.

Tačiau tai neįmanoma su TV ekranais, nes ekranas yra vaizdo šaltinis, ir todėl yra neįmanoma sudėti dvi skirtingas spalvas viena ant kitos ir dar skirtingos poliarizacijos. Norėdami išspręsti šią problemą, pusė pikselių yra naudojami rodyti vaizdą, skirtą kairiajai akiai, o kita pusė tinkamą dešiniajai akiai. Ekranas kiekvieną eilutę kuria skirtingos poliarizacijos taškus iš kurių viename ekrane susidaro du skirtingi vaizdai. Trūkumas šio metodo sumažinta rezoliucija. Jei žiūrime televizorių, kuris turi 1080 eilučių, tik pusė (540) pateks į vieną akį, o kita pusė į kitą akį. Horizontali raiška lieka ta pati, nes tik eilučių skaičius yra per pusę mažesnis [19].

Per 1980 – 1990 metus „IMAX“ kino teatrai sukūrė daugybę naujų projektų savo repertuarui. „Ghosts of the Abyss“ (Titanikas: gelmių vaiduoklis), James Cameron režisuota Titaniko dokumentika, buvo dar vienas puikus 3D kino technologijos pažangos pavyzdys, nes naujausiam savo projektui Cameron'as naudojo HD vaizdo kameras ir skaitmeninę kino juostą. Vėliau ir kitiems naujesniems komerciniams trijų dimensijų filmams buvo pritaikyta ši technologija. Tuo metu režisierius Robert Rodriguez buvo vienas stipriausių 3D technologijos užtarėjų ir sukūrė du šio formato filmus – „Spy Kids 3D: Game Over“ (Šnipų vaikučiai 3D: Žaidimo pabaiga) bei „The Adventures of Sharkboy and Lavagirl 3-D“ (Berniuko Rykliuko ir Lavos mergaitės nuotykių 3D).

2004 metais, kai pasirodė „The Polar Express“, veikiausiai įvyko svarbiausias lūžis trimačio kino istorijoje. CG animuotas filmas buvo išleistas ir standartiniuose „IMAX 3D“ kino teatruose. Nepaisant to, jog „IMAX 3D“ sudarė tik nedidelę dalį bendrų pajamų rezultatų, „IMAX“ teatrai sugebėjo apmokėti viso ketvirčio sąskaitas už iš „The Polar Express“ gautas pajamas. Taigi, kino studijos greitai suvokė atradusios didelį pelno potencialą turinčius modernius 3D filmus. Atsirado naujos „IMAX 3D“ technologijos konkurentės – „Real D 3D“, „Dolby 3D“ ir „MasterImage 3D“, kurios iškeitė pasenusius „anaglyph“ akinius į poliarizuojančius lęšius arba brangesnius skystųjų kristalų uždarus akinius.

Po to, filmai ne tik vienu metu pradėti leisti 2D ir 3D formatu, bet studijos sumanė jau sukurtus 2D filmus konvertuoti į 3D. Po metų bandymų, tikslas buvo pasiektas. Pirmasis rimtas dviejų dimensijų Holivudo filmas perdarytas į 3D formatą buvo „Superman Returns“

(Supermeno sugrįžimas). Kokybės atžvilgiu gaunami rezultatai skiriasi ir paprastai priklauso nuo perdirbimui skirto laiko kiekio.

Visų laikų sėkmingiausias trimatis filmas, be jokio abejonės, yra James Cameron'o „Avatar“ (Isikūnijimas). Kaip ir „Ghosts of the Deep“, „Avatar“ nufilmuotas pagal užsakymą pagamintomis kameromis ir 3D programine įranga. Nors ir nebuvo atskleisti filmavimo kaštai, manoma, jog dėka šios naujos technologijos „Avatar“ yra brangiausias kada nors sukurtas filmas. Dabar „Avatar“ laikomas vienu iš geriausių filmų, patvirtindamas, jog žiūrovai yra pasiryžę brangiai mokėti už bilietus, jei tik kino filmas to vertas.

3D žengė į trečiąją savo populiarumo erą. 3D rinka jau nebeatrodo greitai subliukšianti, ne taip kaip 50-aisiais ar 80-aisiais. Naujos technologijos ženkliai pagerino vizualinius pojūčius, vaizdo kokybę, o didžiulės eilės prie kasų garantavo kino teatrams modernizavimo ir 3D projektorių išlaidų atsipirkimą.

Kita trimačio kino niša tapo namų rinka. Vartotojams tik palyginti neseniai buvo pristatyti tikri 3D televizoriai. Pastarieji turintys 3D režimą veikia kartu su pora baterijas naudojančių uždarų skystųjų kristalų lęšių. Šie akiniai nuo poliarizuojančių skiriasi tuo, kad juose yra skystųjų kristalų ekranai, kurie sinchronizuoti kartu su televizoriumi ir leidžia šviesai prasiskverbti tam tikrais intervalais. Tokie lęšiai turi būti sinchronizuoti su televizoriumi laido ar bevielio signalo pagalba. Jie taip pat yra kur kas brangesni už poliarizuojančius lęšius. 2010 metais tokie gamintojai kaip „Sony“, „Phillips“ ir „LG“ pradėjo platinti 3D palaikančius HD televizorius.

Nepaisant neseniai pasiektos technologijos pažangos, 3D išlieka netobula ir palyginti brangi technologija. Kino mylėtojai dažnai smerkia trimates filmų versijas, jog šiose spalvos nėra tokios ryškios ir aiškos kaip 2D variantuose. Poliarizuojantys akiniai taip pat sumažina periferinį matymą ir sukoncentruoja žiūrovų dėmesį ties ekrano centru [20].

Dabartiniai trimačių technologijų inžinieriai tikrai nestovi vietoje ir toliau uoliai jas tobulina. Šiuo metu itin didelis dėmesys yra skiriamas autostereoskopinių ekranų plėtrai. Kaip ir stereoskopiniuose ekranuose, autostereoskopiniuose rodomi du vaizdai, kurie sujungiami į vieną, sukuriant trijų dimensijų vaizdo įspūdį, tačiau autostereoskopiniams ekranams visiškai nereikalingi „anaglyph“ akiniai. Naudojant lęšių nereikalaujantį ekraną, naujojo dizaino ekranai sukuria kintantį vaizdą, priklausomai nuo to, koku kampu asmuo stebi vaizdą. Būtent dėl stebinčiojo galvos judėjimo, skirtingas vaizdas pasiekia kiekvieną akį – šis principas tikrai

panašus į stereoskopinį efektą. Kol kas autostereoskopinį efektą sunku pasiekti dideliuose ekranuose, nes žiūrovui reikia stebėti vaizdą tiesioginiu ir pastoviu kampu.

Per pastaruosius 100 metų 3D technologija nuėjo ilgą kelią, o ypač per pastarąjį dešimtmetį. Turint omenyje dabartinę sparčią technikos pažangą, neturėtų praeiti labai daug laiko, kol žmonės grįžę namo galės atsisėsti prieš televizorių ar nueiti į kino teatrą ir mėgautis pilnaverčiais 3D teikiamais malonumais be specialių akinių [16].

3.3 Trijų dimensijų filmų įtaka žmogaus akių

Trimačiai filmai kelia diskusijas apie galimus pavojus žmogaus regai, tačiau išsamių mokslinių tyrimų apie 3D filmų žalą sveikatai bei regėjimo vystymuisi šiuo metu nėra atlikta [21].

Nepageidaujamos reakcijos kyla dėl nenatūralių akių judesių žiūrint 3D vaizdus. Paprastai žiūrint į artėjantį objektą, susikoncentruojama į jį akimis. Pirmiausia, akių obuoliai pasisuka nosies link, o tada krūplyniniai raumenys suspaudžia lęšiukus, kad pakeistų jų formą ir akis prisitaikytų prie matomo vaizdo, kad jis gautųsi ryškus. Šis fiziologinis reiškinys vadinamas akomodacija. Žiūrint 3D formato vaizdą, akių obuoliai taip pat pasisuka link nosies, tačiau jei įvyktų akomodacija, žiūrovo akys susikoncentruotų ne į ekraną, o į prieš jį esantį tašką. Tada smegenys gauna klaidingą signalą, nes žvilgsnis sukryžminamas be akomodacijos. Taip akys bando išlaikyti ir įprastą, ir filmui žiūrėti būtiną dirbtinę būseną, todėl patiria ypač didelį krūvį, kuris gali sukelti astenopijos simptomus. Puiku, jei trimačiais filmais tik retkarčiais pasimėgaujama kino teatruose, tačiau turint tokią įrangą namuose ir naudojantis ja valandų valandas, poveikis sveikatai gali būti išties labai rimtas [19].

Profesoriaus Martin Banks nuomone, pagrindinis fiziologinis konfliktas vyksta tuomet, kai akys sufokusuojamos į kino teatro ekraną, tačiau į skirtingas akis gaunamas vaizdas nesutampa su natūraliai lęšiuko suformuotu žindinio gyliu. Dėl to išsiderina natūralus erdvinio vaizdo formavimas per akomodaciją ir konvergenciją.

Kitaip tariant, žiūrint į tikrą erdvinį objektą, abiejų akių vizdžių linijos sueina į jį, o tuo pačiu akių lęšiukai į jį ir fokusuojami. Erdvinio kino atveju, akių vizdžių linijų sueinantis taškas jau nebesutampa su lęšiuko fokusuojamu erdvės tašku.

Labai daug ką lemia atstumas iki ekrano. Martin Banks aiškina: „Kuo toliau esate nuo ekrano, tuo mažesnis konfliktas tarp jūsų akių linijos ir fokusavimo taško, tad aš neypatingai

nerimauju dėl erdvinio vaizdo kino teatruose – atstumas nuo žiūrovo iki ekrano yra pakankamai didelis. Tačiau dabartiniai tyrimai rodo, jog didžiausia problema iškyla tada, kai žiūrovas yra arti televizoriaus ekrano – ypač atstumu, mažesniu už 1 metrą." [22].

Derėtų atkreipti dėmesį į erdvinį kiną palaikančių asmenų teiginius, jog panašūs procesai vyksta gamtoje – pavyzdžiui, taip susidaro vaivorykštės vaizdas. Ir pasak jų, dėl tokių natūralių procesų dar niekas neapako, tačiau pamirštama paminėti, jog tokie vaizdai nėra dažni ir be to, vyksta nutolusioje erdvėje ir fiziologinis regėjimo konfliktas yra labai mažas.

Tiesa, tai gali būti ne vienintelė priežastis, kodėl erdvinis kinas vargina akis. Pavyzdžiui, problemų gali kelti ir tai, jog į skirtingas akis perduodamo vaizdo detalės yra ne tik „perstumtos“, bet ir dėl techninių priežasčių, skirtingo dydžio ar formų. Šie dalykai gali paaiškėti ateityje, kuomet stipriai išpopuliarės 3D televizija. Mat kino filmuose visos detalės ir persidengiantys vaizdai paprastai būna atidirbti iki smulkmenų, tačiau transliuojant tiesioginius erdvinius vaizdus, tokia korekcija tampa neįmanoma [19].

4. Astenopijos simptomų trijų dimensijų filmuose tyrimo analizė

4.1 Tyrimo metodika

2014 metų vasario - balandžio mėnesiais atliktas tyrimas, kurio metu siekta išsiaiškinti, ar trijų dimensijų filmai sukelia astenopijos simptomus ir kokius dažniausiai. Respondentai buvo suskirstyti į dvi grupes: žmonės su stereomatymu ir be jo.

Žmonių be stereomatymo gylio suvokimo tyrimui atlikti buvo pasirinktas atsitiktinių taškų stereodrugelio testas su poliarizuojančiais akiniais, kuris susideda iš trijų dalių: atsitiktinių taškų drugelio (2500–1200"), trijų eilučių po penkis gyvūnus (400", 200", 100") ir devynių grupių po keturis kontūrinius žiedus (800", 400", 200", 140", 100", 80", 60", 50", 40"). O siekiant išsiaiškinti astenopijos simptomus trijų dimensijų kine buvo pasirinktas anketinės apklausos metodas. Tyrimui parengta anketa, kurią sudaro 10 klausimų. Respondentų charakteristikai nustatyti skirti 2 klausimai, 3 klausimai skirti išsiaiškinti kaip dažnai respondentai lankosi 3D kine ir ar jaučia vaizdo gylį ir ryškumą. Norint sužinoti jaučiamus astenopijos simptomus skirti 4 klausimai. Ir 1 klausimas skirtas refrakcijos ydai sužinoti.

Anketa buvo patalpinta internete <http://apklausa.lt/f/3d-filmu-poveikis-zmogaus-akiai-8k8vmdh/answers/new.fullpage>. Į šią anketą atsakė 160 respondentų.

Matematinės statistikos metodas buvo pasirinktas duomenų analizei atlikti. Rezultatams apdoroti pateikti diagramose buvo naudojama Microsoft Office Excel 2010 programa.

4.2 Tiriamųjų charakteristika

Tyrimo dalyvavo 168 respondentai. Atsitiktiniu būdu anketą užpildė 160 tyrimo dalyviai, iš jų 133 (83,1 proc.) moterys ir 27 (16,9 proc.) vyrai, kurių amžius 16–36 metų. Gylio suvokimas buvo nustatomas testo pagalba bei pateikta minėta anketa 8 tiriamiesiems, turintiems strabizmą, iš kurių 6 (75 proc.) moterys ir 2 (25 proc.) vyrai, jų amžius 23-45 metai.

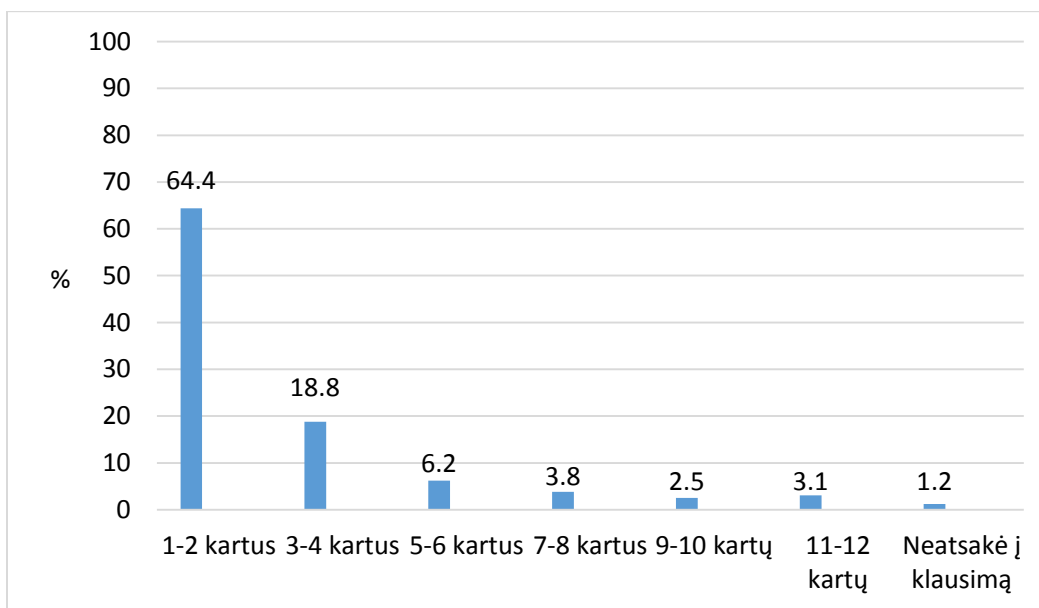
4.3 Žmonių, turinčių stereomatymą, tyrimo rezultatai

Šiomis dienomis labai išpopuliarėjo trijų dimensijų technologija. Rodant abiem akims skirtingus vaizdus sukuriamas 3D efektas.

Dažnai diskutuojama apie 3D filmų šalutinį poveikį žmogaus sveikatai. Tyrimai rodo, kad 3D vaizdai gali sukelti astenopijos simptomus t. y. akių diskomfortas, atsirandantis po įtempto akių darbo.

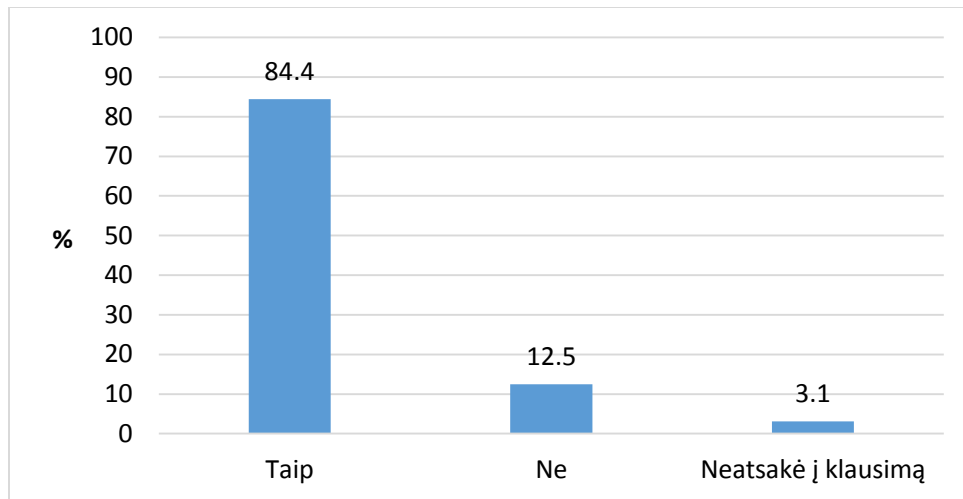
Šiuo tyrimu buvo siekiama išsiaiškinti ar iš tikrųjų 3D vaizdai sukelia astenopijos simptomus ir jei sukelia, tai kokius dažniausiai.

Respondentų buvo klausiama, kaip dažnai jie lankosi 3D filmuose (7 pav.). Daugiau nei pusė apklaustųjų (64,4 proc.) 3D filmuose lankosi 1-2 kartus per metus. Penktadalis dalyvių (18,8 proc.) lankosi 3-4 kartus. Ir tik 3,1 proc. dalyvių lankosi net 11-12 kartų per metus.



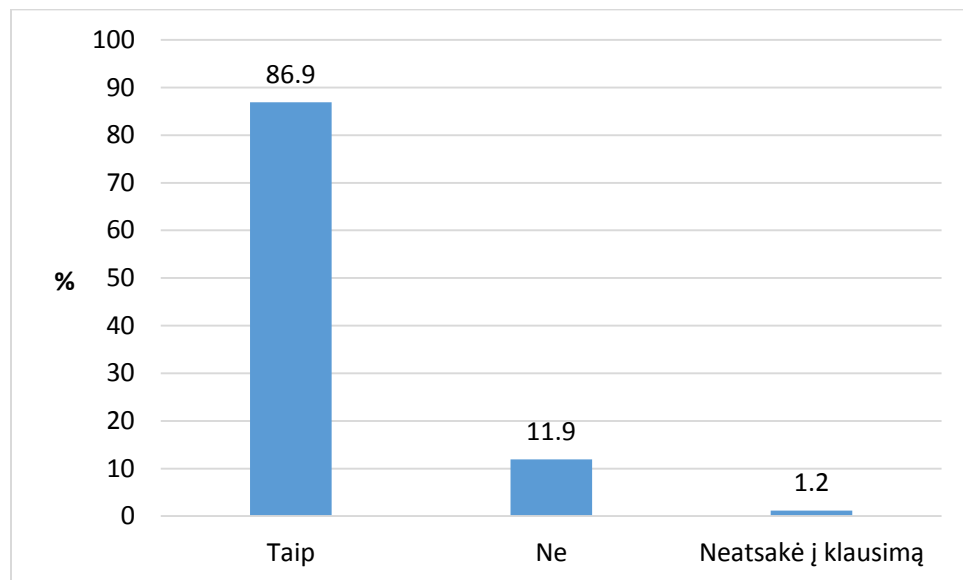
7 pav. Apklausos dalyvių lankymosi 3D filmuose dažnumas per metus, %

Išsiaiškinus kaip dažnai respondentai lankosi 3D filmuose, jų buvo klausiama ar jiems vaizdas 3D filmuose yra ryškus (8 pav.). Didžioji dalis (84,4 proc.) tiriamųjų teigė, kad vaizdai yra ryškūs. Tik 12,5 proc. nematė ryškaus vaizdo.



8 pav. Respondentų nuomonė apie 3D filmų vaizdo ryškumą, %

Atliekant tyrimą domėtasi, ar 3D filmo metu buvo jaučiamas vaizdo gylis. Rezultatai pateikti 9 paveiksle. Jame matyti, kad 86,9 proc. tiriamųjų jautė vaizdo gylį trijų dimensijų filmo metu, ir tik nedidelė dalis (11,9 proc.) teigė nejaučiantys vaizdo gylio.



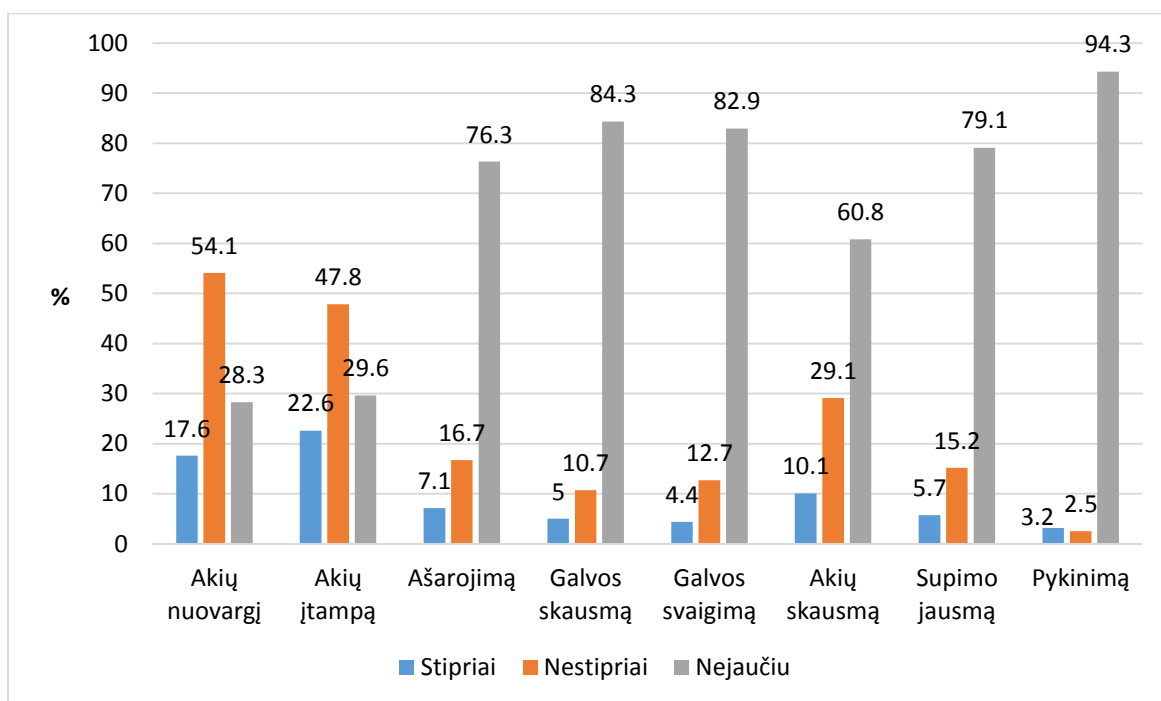
9 pav. Apklaustųjų vaizdo gylio jautimas 3D filmų metu, %

Astenopija (gr. Asthenes – silpnas + aps - akis) vadinamas akių nuovargis, kurį sukelia įtampa žiūrint į smulkius objektus. Jos požymiai: akių skausmas, ypač dirbant smulkius darbus, mirga raidės, eilutės, dvejinasi akyse, akys ašaroja, parausta peršti, pablogėja ryškaus matymo

pastovumas. Be šių simptomų dar gali pasireikšti galvos skausmas, retais atvejais pykinimas ir migrenos priepuoliai. Pasirodo, ne tik, knygų skaitymas ar darbas kompiuteriu gali sukelti minėtus astenopijos simptomus, bet ir mėgavimasis trijų dimensijų filmais.

Buvo domėtasi, kokius astenopijos simptomus jaučia apklausos dalyviai 3D filmo metu (10 pav.). Duomenų analizė rodo, kad respondentų labiausiai jaučiami astenopijos simptomai buvo akių nuovargis, kurį stipriai jautė (17,6 proc.) ir nestipriai (54,1 proc.). Taip pat akių įtampa, kurią stipriai jautė (22,6 proc.) ir nestipriai (47,8 proc.) bei akių skausmas, kurį nestipriai jautė (29,1 proc.).

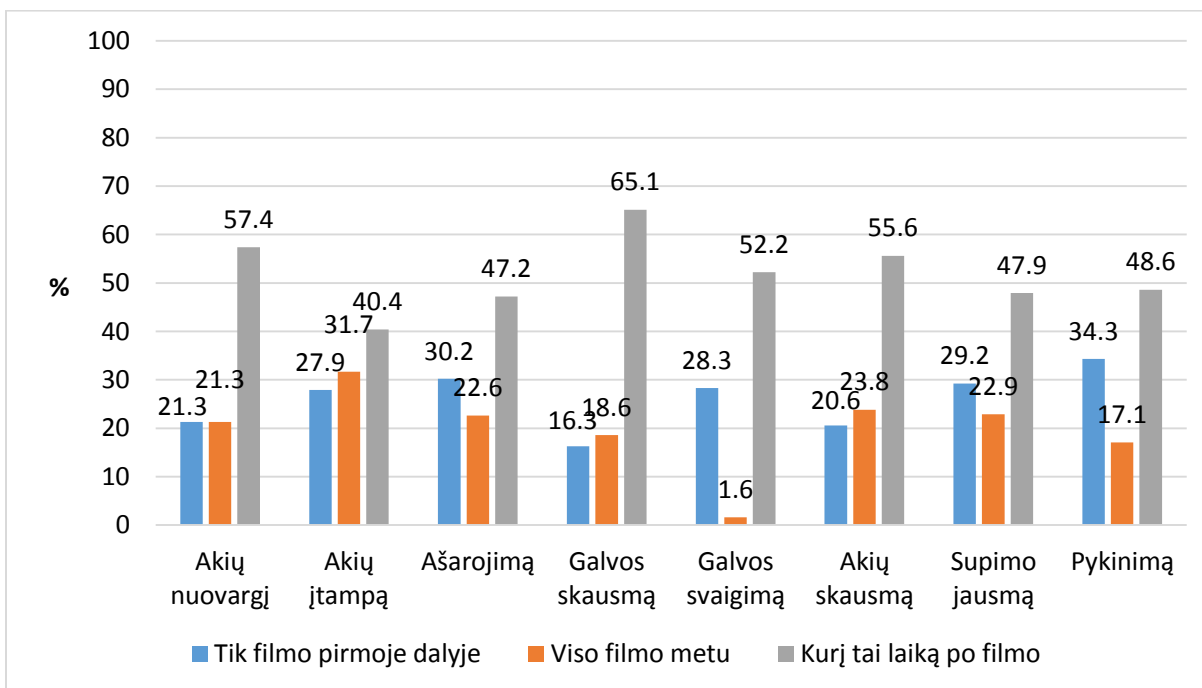
Labai didelė dalis apklaustųjų (94,3 proc.) teigė, jog 3D filmo metu nejautė pykinimo. Taip pat mažiausiai jaučiami buvo šie astenopijos simptomai: galvos skausmas (84,3 proc.), galvos svaigimas (82,9 proc.), supimo jausmas (79,1 proc.).



10 pav. Respondentų astenopijos simptomų jutimas 3D filmų metu, %

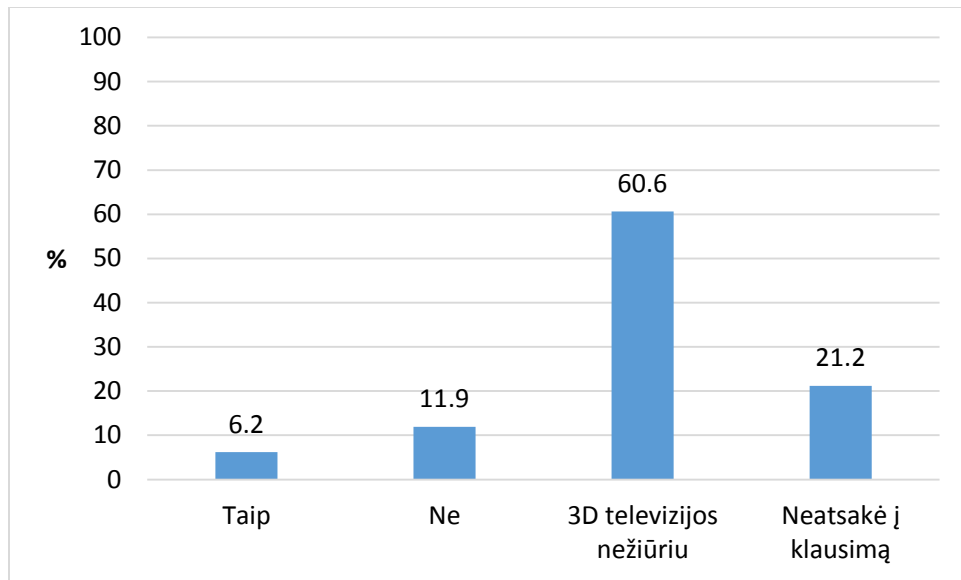
Taip pat buvo siekta sužinoti, kaip ilgai jaučiami minėti astenopijos simptomai. Išanalizavus duomenis matome (11 pav.), jog išvardinti astenopijos simptomai tokie kaip ašarojimas (47,2 proc.) galvos skausmas (65,1 proc.), akių skausmas (55,6 proc.) ir kt. labiausiai buvo jaučiami kurį laiką po filmo. Tie patys simptomai buvo mažiau jaučiami filmo pirmoje

dalyje: galvos skausmas (16,3 proc.), akių skausmas (20,6 proc.), o ašarojimas (30,2 proc.). Visi simptomai mažiausiai buvo jaučiami viso filmo metu.



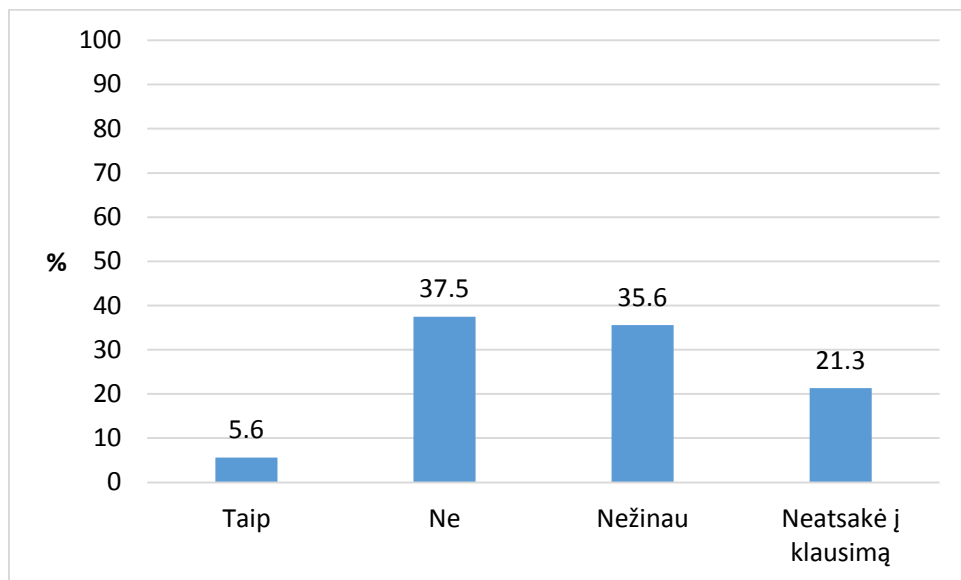
11 pav. Jaučiamų astenopijos simptomų trukmė, %

Įdomu buvo sužinoti, ar respondentai pateiktus astenopijos simptomus jaučia ir žiūrėdami 3D televiziją (12 pav.). Pasirodo, kad 6,2 proc. apklaustųjų jaučia akių diskomfortą, atsirandantį po įtempto akių darbo. Tačiau didesnė dalis apklausos dalyvių (11,9 proc.) nejaučia astenopijos simptomų žiūrėdami 3D televiziją. O net 60,6 proc., apskritai, nežiūri trijų dimensijų televizijos.



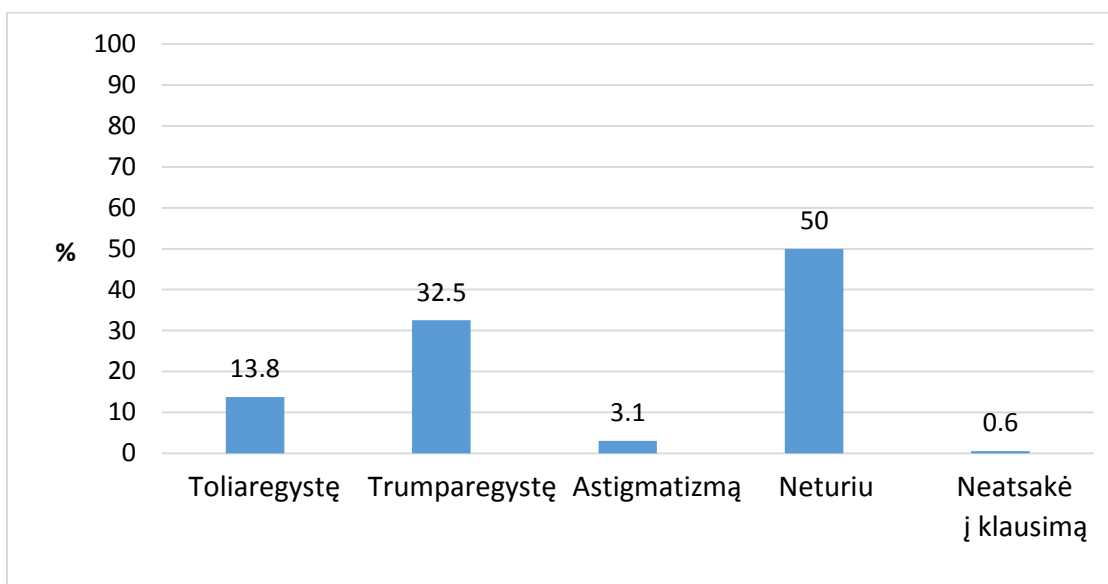
12 pav. Apklaustųjų astenopijos simptomų jutimas žiūrint 3D televiziją, %

Respondentų klausta, ar astenopijos simptomus taip pat jaučia ir žiūrėdami 2D filmus (13 pav.). Didžioji dalis (37,5 proc.) apklausos dalyvių teigė, kad žiūrėdami dviejų dimensijų filmus, nejaučia astenopijos simptomų. 35,6 proc. apklaustųjų nežino ar jaučia astenopijos simptomus žiūrėdami 2D filmus, ar ne. Ir tik maža dalis (5,6 proc.) respondentų jaučia astenopijos simptomus.



13 pav. Astenopijos simptomų jutimas žiūrint 2D filmus, %

Norint išsiaiškinti ar refrakcijos yda turi įtakos astenopijos simptomų sukėlimui, tiriamųjų buvo klausiama kokia refrakcijos yda jie turi (14 pav.). Daugiausia respondentų (50,0 proc.) neturi jokios refrakcijos ydos. Tarp apklaustųjų, kurie turi refrakcijos ydą, daugiausia buvo trumparegių (32,5 proc.), mažiau toliaregių (13,8 proc.) ir mažiausiai astigmatikų (3,1 proc.).



14 pav. Apklausos dalyvių refrakcijos ydos, %

Atliktas tyrimas atskleidė, kad didelė dalis tiriamųjų 3D filmuose lankosi tik 1-2 kartus per metus. Taip pat daugumai asmenų su stereomatymu vaizdai trijų dimensijų filmuose yra ryškūs ir jie jaučia vaizdo gylį. Labiausiai jaučiami astenopijos simptomai buvo – akių nuovargis, akių įtampa, akių skausmas ir ašarojimas. Žmonės su stereomatymu juos daugiausia jautė kurį tai laiką po 3D filmo. Asmenys, turintys refrakcijos ydą, stipriau jautė astenopijos simptomus.

4.4 Žmonių be stereomatymo tyrimo rezultatai

Žmonės be stereomatymo neturėtų matyti 3D vaizdų, tačiau jie teigia, jog lankosi trijų dimensijų filmuose. Šiuo tyrimu buvo siekta išsiaiškinti, ar žmonės be stereomatymo iš tikrųjų mato trečiąją dimensiją.

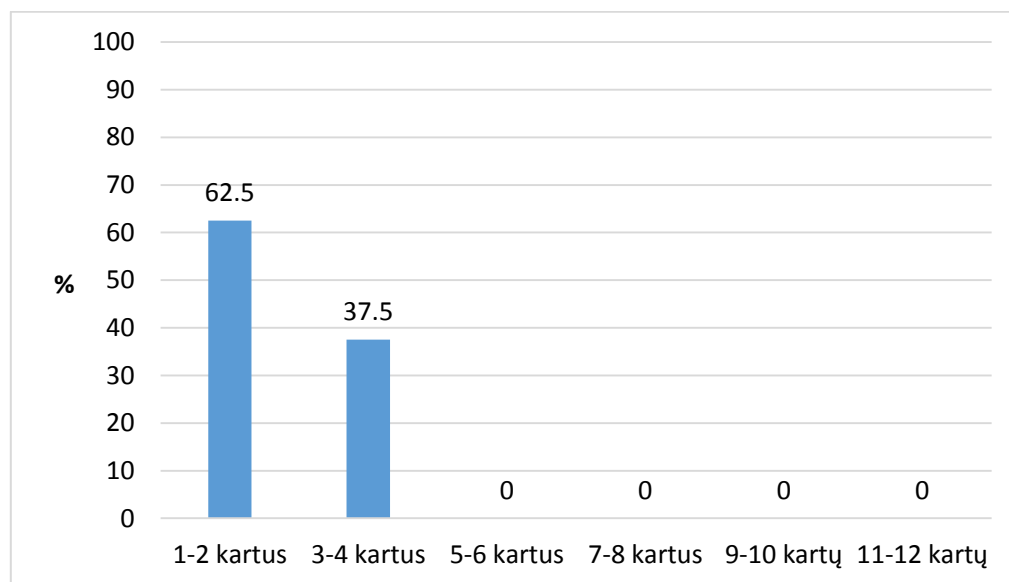
Stereotestas buvo atliekamas gerai apšviestoje patalpoje, kad išvengti atspindžių nuo blizgių paviršių. Tiriamieji testą turėjo laikyti 40 cm atstumu nuo akių, tiesiai prieš save, kad būtų teisinga poliarizacijos ašis. Poliarizuoti akiniai buvo uždedami ant tiriamojo nešiojamos

korekcijos. Po to buvo klausiama ar žmogus mato kokį nors paveikslėlį, ar iš matomų apskritimų ir gyvūnėlių, kuris nors išsiskiria iš kitų.

Visi 8 tyrimo dalyviai nematė atsitiktinių taškų stereodrugelio. Taip pat neįvardijo nei vieno išsiskiriančio apskritimo ir gyvūnėlio.

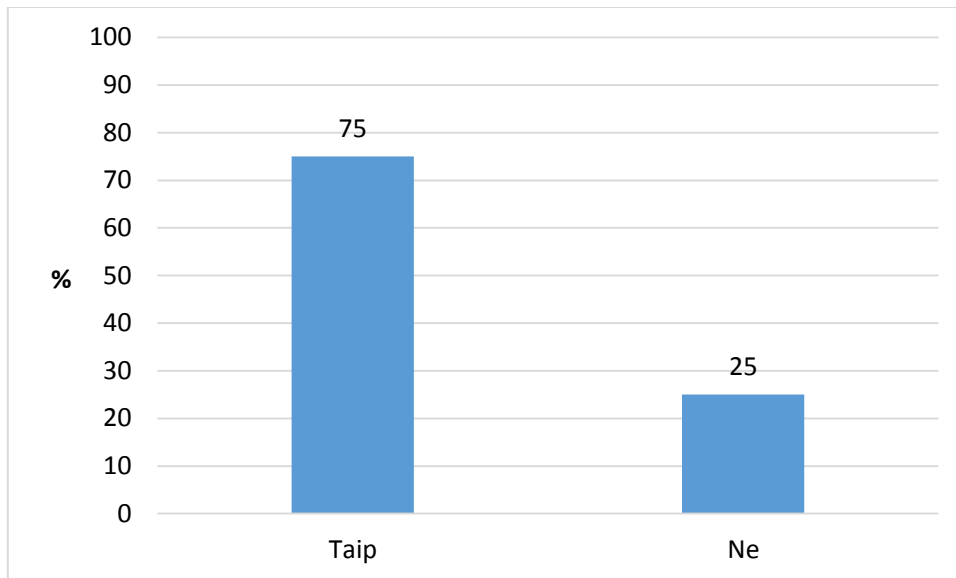
Atlikus testą domėtasi, ar žiūrėdami 3D filmus asmenys be strereomatymo jaučia astenopijos simptomus, jei taip, tai kokius.

Asmenys be stereomatymo teigia, jog 3D filmuose lankosi tik 1-2 kartus per metus (62,5 proc. apklaustųjų) ir 3-4 kartus per metus (37.5 proc.). Rezultatai pateikti 15 paveiksle.



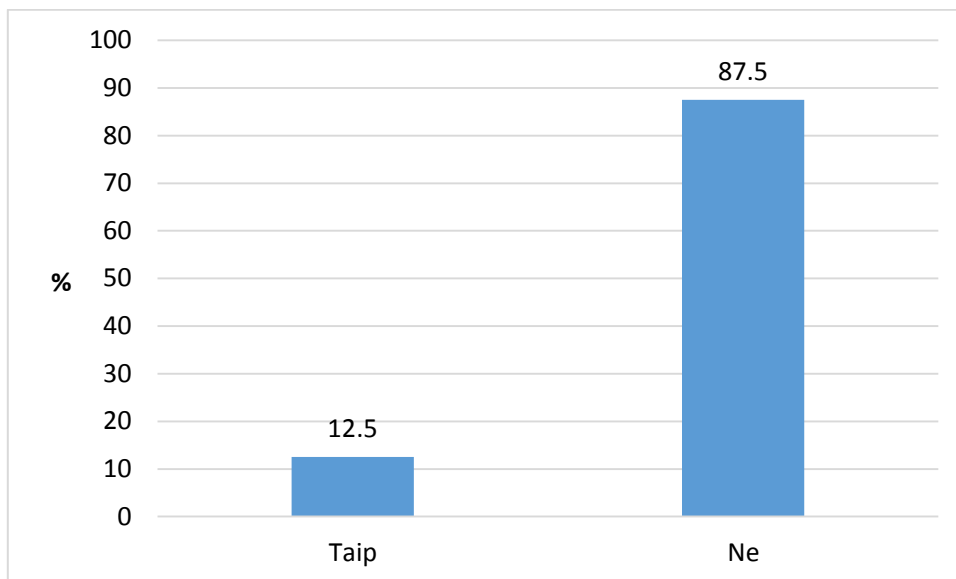
15 pav. Apklaustos dalyvių lankymosi 3D filmuose dažnumas per metus, %

Apklaustos rezultatai parodė (16 pav.), kad didžioji dalis apklaustųjų (75 proc.) filmo metu mato ryškų vaizdą, o nedaugeliui (25 proc.) vaizdas neatrodė ryškus.



16 pav. Respondentų nuomonė apie 3D filmų vaizdo ryškumą, %

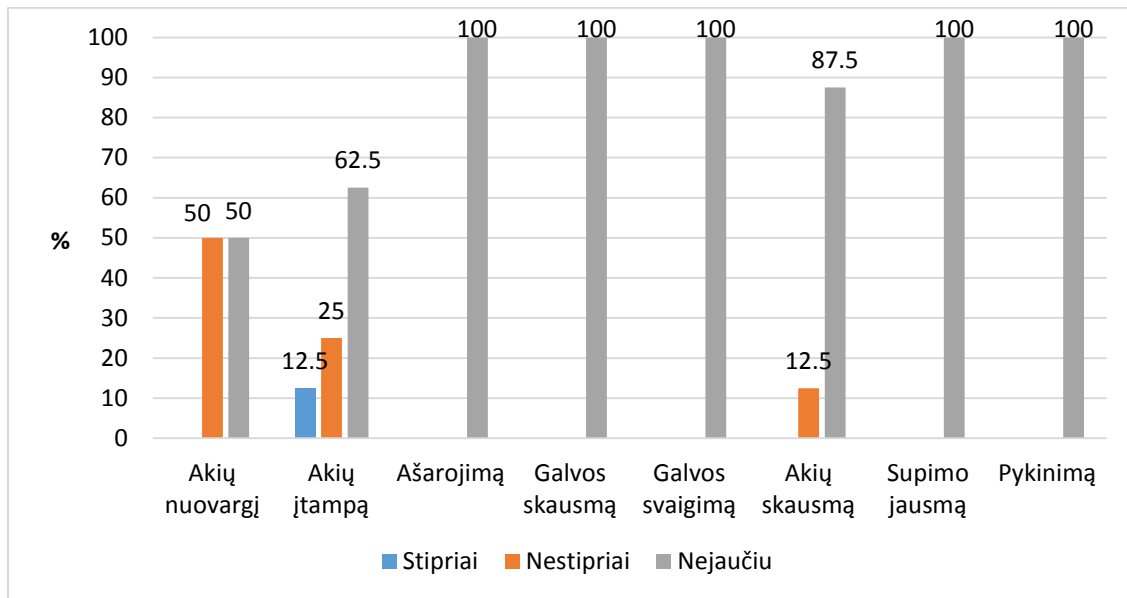
17 paveiksle matyti, kad dauguma respondentų (87,5 proc.) nejautė vaizdo gylio 3D filmų metu, ir tik vienas tiriamasis (12,5 proc.) teigė jaučiantis vaizdo gylį.



17 pav. Apklaustųjų vaizdo gylio jutimas 3D filmų metu, %

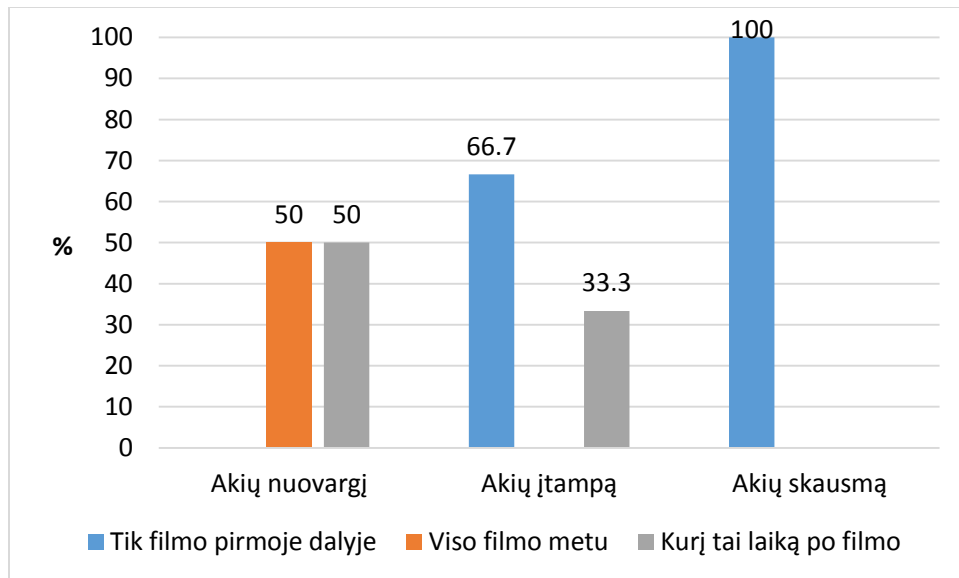
Respondentų buvo klausiama, kokius astenopijos simptomus jie jaučia 3D filmų metu (18 pav.). Didžioji dalis tiriamųjų teigė, kad jaučia tik po vieną astenopijos simptomą, iš jų dažniausiai jaučiamas buvo akių nuovargis (50 proc.) ir akių įtampa (25 proc.). Šiuos simptomus

jie jautė nestipriai. Stipriai buvo jaučiamas tik vienas simptomas – akių įtampa. Jį jautė vienas tiriamasis (12,5 proc.). Ašarojimo, galvos skausmo, galvos svaigimo, supimo jausmo ir pykinimo nejautė nei vienas respondentas.



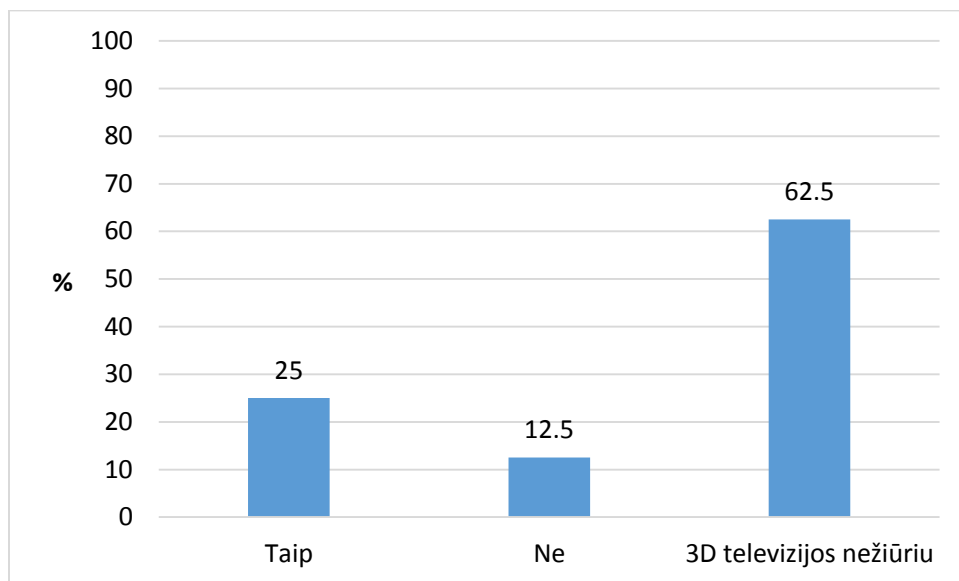
18 pav. Respondentų astenopijos simptomų jutimas 3D filmų metu, %

Išsiaiškinus, kokius astenopijos simptomus jaučia tyrimo dalyviai, rezultatai parodė (19 pav.), kad akių skausmas buvo jaučiamas tik filmo pirmoje dalyje (100 proc.), akių nuovargį jautė viso filmo metu (50 proc.), ir tiek pat respondentų atsakė jį jautę kurį tai laiką po filmo (50 proc.). Akių įtampa dažniau buvo jaučiama tik filmo pirmoje dalyje (66,7 proc.), o mažiau kurį tai laiką po filmo (33,3 proc.).



19 pav. Jaučiamų astenopijos simptomų trukmė, %

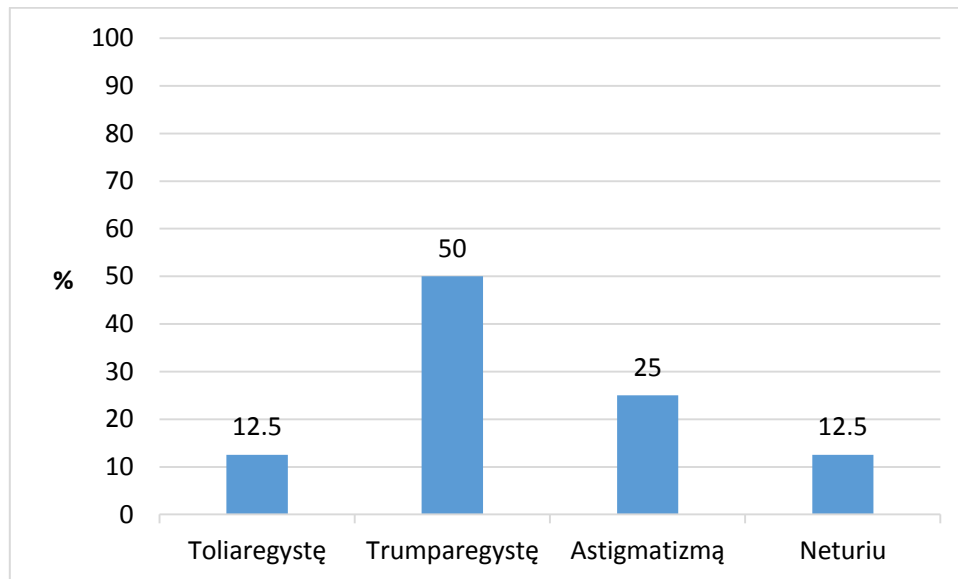
Norint išsiaiškinti ar žmonės be stereomatymo jaučia astenopijos simptomus ir žiūrėdami 3D televiziją, paaiškėjo, kad didžioji dalis tiriamųjų (62,5 proc.) nežiūri 3D televizijos. Tik 25 proc. respondentų jautė astenopijos simptomus (20 pav.).



20 pav. Apklaustųjų astenopijos simptomų jutimas žiūrint 3D televiziją, %

Tyrimo metu buvo išsiaiškinta, kad visi tiriamieji nejaučia astenopijos simptomų, žiūrėdami 2D filmus (2 priedas).

Tyrimo metu paaiškėjo, kad pusė apklaustųjų (50 proc.) buvo trumparegiai, ketvirtadalis (25 proc.) astigmatikai. Taip pat tyrime dalyvavo vienas toliaregis ir vienas tiriamasis neturėjo jokios refrakcijos ydos (21 pav.).



21 pav. Apklausos dalyvių refrakcijos ydos, %

Asmenys turintys žvairumą taip pat lankosi trijų dimensijų filmuose, tačiau atliktas stereodrugelio testas parodė, kad jie negali matyti trečiosios dimensijos. Tai reiškia, kad jie neturi stereomatymo. Didžioji dalis mato ryškų vaizdą, tačiau nejaučia vaizdo gylio, 3D filmų metu. Asmenys be stereomatymo taip pat jaučia astenopijos simptomus, tačiau tik tokius kaip akių nuovargis, akių įtampa ir akių skausmas.

Išvados

1. Apibendrinus mokslinę literatūrą galima teigti, kad akys yra vienas sudėtingiausių žmogaus organų. Jo dėka žmogus turi vieną svarbiausių jutimų – regėjimą, kuris suteikia žmogui daugiausia informacijos apie jį supantį pasaulį.

Taip pat išsiaiškinta, kad trijų dimensijų technologija yra palyginti nauja ir mažai tyrinėta, kokią poveikį ji turi žmogaus sveikatai bei regėjimo sistemai.

2. Atliktas tyrimas atskleidė, kad didelė dalis tiriamųjų 3D filmuose lankosi tik 1-2 kartus per metus. Taip pat daugumai asmenų su stereomatymu, vaizdai trijų dimensijų filmuose yra ryškūs ir jie jaučia vaizdo gylį. Labiausiai jaučiami astenopijos simptomai buvo – akių nuovargis, akių įtampa, akių skausmas ir ašarojimas. Žmonės su stereomatymu juos daugiausia jautė kurį tai laiką po 3D filmo. Žmonės, turintys refrakcijos ydą, stipriau jautė astenopijos simptomus.

3. Asmenys, turintys žvairumą, taip pat lankosi trijų dimensijų filmuose, tačiau atliktas stereodrugelio testas parodė, kad jie negali matyti trečiosios dimensijos. Tai reiškia, kad jie neturi stereomatymo. Didžioji dalis mato ryškų vaizdą, tačiau nejaučia vaizdo gylio, 3D filmų metu. Asmenys be stereomatymo taip pat jaučia astenopijos simptomus, tačiau tik tokius kaip akių nuovargis, akių įtampa ir akių skausmas.

4. Rekomenduojama žmonėms, pajutusiems nemalonius pojūčius, 3D filmo metu nusiimti 3D akinius ir jei simptomai nepraeina, nutraukti filmo žiūrėjimą.

Literatūros sąrašas

1. Zemblys R. *Interpoliacija paremtas metodas žiūros taškų ekrane, gautų iš dviejų šaltinių skirtingais laiko momentais, aproksimavimui*. (2012). Profesinės studijos: teorija ir praktika.
2. Urbonavičienė I. (2012). *Erdvinis matymas: rezultatai ir jų tikslumas*. Kauno kolegija.
3. Majauskienė O., Majauskaitė I. (2004). *Vaikų stereomatymo ypatybės*. Medicina (Kaunas).
4. Danelienė E., Giniūnaitė A. M. (2013). *Žmonių su nenormalia stereopsija gylisuvokimas ir astenopijos simptomai trijų dimensijų kine*. Medicinos teorija ir praktika.
5. Stropus R., Tamašauskas K. A., Paužienė N. (2005). *Žmogaus anatomija*. Kaunas.
6. Batterbury M., Bowling B., Murphy C. (2012). *Oftalmologija*. Vilnius.
7. Proškovienė R. (2007). *Jutimo organai ir jų sauga*. Vilnius.
8. Kėvelaitis E., Illert M., Hultborn H. Ir kt. (2004). *Žmogaus fiziologija*. Kaunas.
9. Majauskienė O., Aukštikalnienė R., Čeponienė R., Majauskaitė I. (2005). *Regos sutrikimų nustatymas ikimokyklinio amžiaus vaikams*. Medicina (Kaunas).
10. Helvestone E. M. (2010). *Understanding, detecting and managing strabismus*. Community eye health journal.
11. Rutstein R. P., Cogen M. S., ir kt. (2010). *Strabismus: Esotropia and Exotropia*. U.S.A.
12. Billson F. (2003). *Strabismus*. London.
13. Dorn L., Petrinović – Dorešić J. (2007). *Stereoscopic visual acuity in different types of amblyopia*. Acta Clin Croat.
14. Danelienė E., Šveikauskienė L. (2006). *Ar verta gydyti vyresnių nei 7 metų vaikų ambliopiją*. Lietuvos oftalmologija.
15. Cooper J., Cooper R. (2005). *All about strabismus*. Optometrists network.
16. Varnas P. *Plačiau apie 3D filmus*. [Žiūrėta 2014-03-25]. Prieiga per internetą: <http://mp4irkomunikacija.wordpress.com/2012/03/04/placiau-apie-3d-filmus/>
17. Dzidolikaitė A., Žilinskas J. (2011). *Daugiamatčių duomenų vizualizavimas trimatėje erdvėje naudojant 3D priemones*. Jaunųjų mokslininkų darbai.
18. Čekanavičius L. *3D kino technologijos istorija (I dalis)*. [Žiūrėta 2014-03-25]. Prieiga per internetą: <http://xneox.com/spauda/3d-kino-technologijos-istorija-i-dalis.php>

19. Howarth P. A. (2011). *Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: a review*. Ophthalmic & Physiological Optics.
20. Čekanavičius L. *3D kino technologijos istorija (II dalis)*. [Žiūrėta 2014-03-26]. Prieiga per internetą:
[http://itnaujienos.idamas.lt/naujiena/3D kino technologijos istorija \(II dalis\).html](http://itnaujienos.idamas.lt/naujiena/3D_kino_tehnologijos_istorija_(II_dalis).html)
21. Seo H. J., Kim S. H. ir kt. (2013). *Influence of watching 3D television on refractive error in children*. Department of ophtalmology.
22. Banks M. S., Read J. R. ir kt. *Stereoscopy and the Human Visual System*. [Žiūrėta 2014-3-29]. Prieiga per internetą:
<http://percept.eecs.yorku.ca/papers/banks%20smpte%202011.pdf>

PRIEDAI

3D filmų poveikis žmogaus akių

*Mielas respondente,
kreipiuosi į Jus norėdama sužinoti apie 3D filmų įtaką Jūsų akims*

Prašau Jūsų atidžiai perskaityti anketą.

Man labai svarbu, kad atsakytumėte nuoširdžiai į VISUS klausimus.

ANKETA ANONIMINĖ

Jūsų atsakymai nebus skelbiami pavieniui.

Skelbsiu tik apibendrintus tyrimo duomenis.

Užpildykite anketą iki galo. Jums tinkamus atsakymus įrašykite arba pažymėkite **x**.

Man JŪSŲ nuomonė labai svarbi.

1. Jūs :

☐ Vyras

☐ Moteris

2. Jūsų amžius (įrašykite)

3. Kaip dažnai per metus lankotes 3D kine?:

☐ 1-2 kartus

☐ 9-10 kartų

☐ 3-4 kartus

☐ 11-12 kartų

☐ 5-6 kartus

☐ (įrašykite)

☐ 7-8 kartus

4. Ar vaizdas 3D filmuose yra ryškus?:

☐ Taip

☐ Ne

5. Ar 3D filmo metu jaučiate vaizdo gylį?:

☐ Taip

☐ Ne

6. Ar 3D filmo metu jaučiate šiuos astenopijos simptomus?:	Stipriai	Nestipriai	Nejaučiu
Akių nuovargį			
Akių įtampą			
Ašarojimą			
Galvos skausmą			
Galvos svaigimą			
Akių skausmą			
Supimo jausmą			
Pykinimą			

7. Kaip ilgai jaučiate astenopijos simptomus?:	Tik filmo pirmoje dalyje	Viso filmo metu	Kurį tai laiką po filmo
Akių nuovargį			
Akių įtampą			
Ašarojimą			
Galvos skausmą			
Galvos svaigimą			
Akių skausmą			
Supimo jausmą			
Pykinimą			

8. Ar 6 klausime pateiktus astenopijos simptomus jaučiate ir žiūrėdami 3D televiziją?

- ☐ Taip
- ☐ Ne
- ☐ 3D televizijos nežiūriu

9. Ar 6 klausime pateiktus astenopijos simptomus jaučiate ir žiūrėdami 2D filmus?

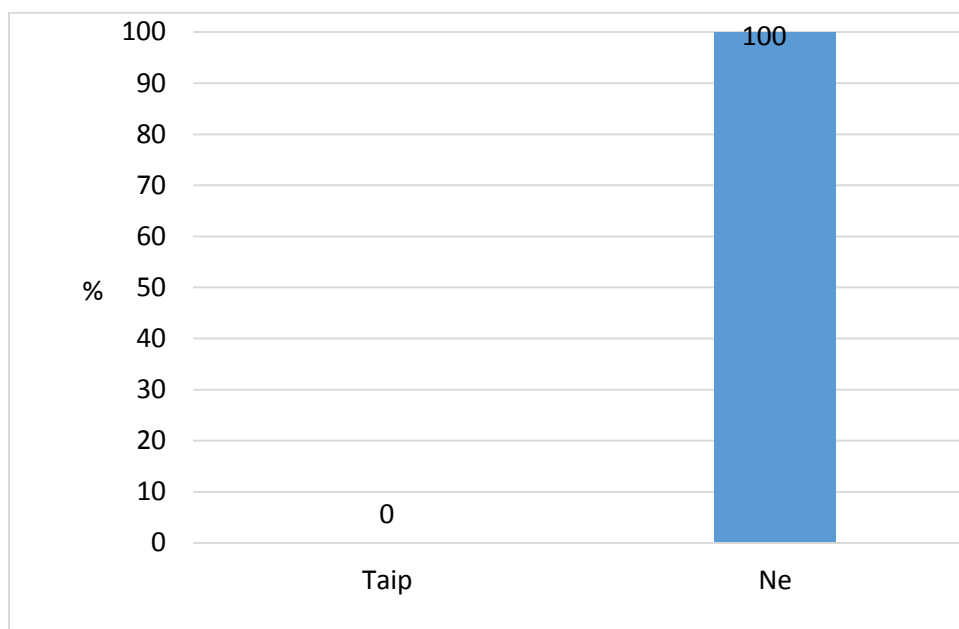
- ☐ Taip
- ☐ Ne
- ☐ Nežinau

10. Kokia refrakcijos yda turite?:

- ☐ Toliaregystę
- ☐ Trumparegystę
- ☐ Astigmatizmą
- ☐ Neturiu

PASTABOS IR KOMENTARAI

DĖKOJU IR LINKIU SĖKMĖS



Astenopijos simptomų jutimas žiūrint 2D filmus, %