

ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETO
FIZIKOS KATEDRA

LAURA JUCIUVIENĖ
OPTOMETRIJOS SPECIALYBĖS STUDENTĖ

DINAMINIO REGOS AŠTRUMO TYRIMAS

BAKALAURO DARBAS

Darbo vadovė
doc. dr. Violeta Šlekienė

Šiauliai, 2013

ANOTACIJA

Darbo tema: dinaminio regos aštrumo (DRA) tyrimas.

Siekiant atskleisti DRA mokslinių tyrimų problematiką, šiame darbe nagrinėjama mokslinė literatūra apie DRA tyrimams skirtą įrangą, DRA priklausomybę nuo optotipų judėjimo ir galvos judesių, taip pat DRA pritaikymą praktikoje, analizuojamos žmogaus regėjimo funkcijos.

Interviu metodu išaiškinta tiriamųjų DRA padėtis Lietuvoje. Apklausta tikslinė žmonių grupė, iš viso 38 respondentai: Lietuvos optikų darbuotojai, gydytojai, vairuotojų kursų instruktoriai (Mažeikiai).

Eksperimentinio tyrimo metu nustatytas tiriamųjų statinis bei dinaminis regos aštrumas. Tyrime dalyvavo 15 tiriamųjų, kurie buvo suskirstyti į 3 grupes: 5 vairuotojai, 5 nevairuojantys, 5 krepšinio žaidėjai. Pagal amžių tiriamieji suskirstyti į 18 – 30 m., 30 – 40 m., 45 – 50 m. grupes.

Tyrime nustatyta, kad nė vienam dalyviui nebuvo įtarta turint vestibuliarinį deficitą. Taip pat nustatyta, kad sportininkų ir vairuotojų DRA rodikliai buvo geresni, nei nevairuojančių. Tyrimo duomenys ir rezultatai pateikti grafiškai.

Analizuojant teorinę medžiagą pastebėta, kad Lietuvoje ši sritis dar netyrinėta, tačiau visame pasaulyje tai pakankamai plačiai tiriama regos sritis.

ANNOTATION

The theme: dynamic visual acuity (DVA) investigation.

In order to reveal the problem of DRA investigation, this paper analyses the scientific literature of equipment for DRA investigation, the DRA depends of optotypes movements and head motions, DRA into practice, and analysis of human visual function.

The DRA situation in Lithuania is explained by interview method. 38 respondents were interviewed: optician stuff of Lithuania, doctors, driving course instructors from Mažeikiai.

The experimental study revealed the test static and dynamic visual acuity of experiment members. The study included 15 participants, who were divided into 3 groups: 5 drivers, 5 not drivers, 5 basketball players. By age participants divided into 3 groups: 18-30, 30-40, 45 - 50 years.

The study found that none of the participants was suspected with vestibular deficits. It is also found that athletes and drivers DRA rate were higher than not drivers. The data and results are presented graphically in this work.

The analysis of the theoretical material observed that this area has not been investigated in Lithuania yet, but visual areas are sufficiently broad studied in all over the world.

TURINYS

LENTELĖS.....	4
PAVEIKSLAI.....	5
TERMINŲ PAAIŠKINIMŲ SĄRAŠAS.....	6
ĮVADAS.....	8
1. REGOS FIZIOLOGIJA.....	10
1.1. Regėjimo funkcijos.....	11
2. DINAMINIO REGOS AŠTRUMO PROBLEMATIKA MOKSLINIUOSE TYRIMUOSE...	23
2.1. Dinaminio regos aštrumo mokslinių tyrimų raida.....	23
2.2. Dinaminio regos aštrumo svarba vairavimui.....	25
2.3. Nauja kompiuterinė programinė įranga DRA tirti.....	27
2.4. Dinaminio regos aštrumo priklausomybė nuo optotipo judėjimo ir galvos judesių.....	34
3. DINAMINIO REGOS AŠTRUMO TYRIMAS: REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ.....	40
3.1. Interviu.....	40
3.2. Eksperimentinis tyrimas.....	41
3.3. Tyrimo rezultatai ir analizė.....	44
IŠVADOS.....	49
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	50

LENTELĒS

1 lentelē.....	40
2 lentelē.....	42
3 lentelē.....	42

PAVEIKSLAI

1. Pagrindinė akies struktūra.....	10
2. Regimosios šviesos spektras.....	14
3. Akipločio ribos baltam ir spalvotam objektui.....	17
4. Akiniai tyrimui.....	24
5. Palomar universiteto optotipas.....	29
6. DRA reikšmių vidurkis, kai stimulo kontrastas (aukšto kontrasto – 0,997, vidutinio – 0,54, žemo – 0,13).....	30
7. DRA reikšmės vidurkis, kai stimulus judėjo 3 skirtingais greičiais.....	31
8. DRA vidurkis, kai stimulus judėjo 3 skirtingom trajektorijom.....	31
9. Optotipo judėjimo schema.....	37
10. Optotipų judėjimo charakteristika.....	37
11. 13 tiriamųjų DRA, kai optotipas judėjo sinusoide.....	38
12. 13 tiriamųjų DRA sinusoide judinant galvą 1Hz dažniau, kai naudojami teleskopiniai akiniai.....	39
13. Tyrimo eiga.....	43
14. Tyrimo priemonė.....	43
15. Sportininkų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas.....	45
16. Vairuotojų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas.....	46
17. Nevairuojančiųjų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas.....	47
18. Visų tiriamųjų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas.....	48

TERMINŲ PAAIŠKINIMŲ SĄRAŠAS

Akiplotis - erdvė, kurią vienu metu mato nejudanti akis, fiksuodama nustatytą tašką erdvėje, kai galva taip pat nejuda.

Akloji dėmė – sritis, atitinkanti akiplotyje regos nervo diską.

Akomodacija – akies gebėjimas keisti savo židinio nuotolį, kad įvairaus toumo reginiai duotų tinklainėje ryškų vaizdą.

Adaptacija- akies sugebėjimas prisitaikyti matyti įvairaus apšvietimo sąlygomis.

Binokulinis regėjimas – abiejų akių tinklainių centriniuose duobutėse gautų vaizdų suliejimas į vieną.

Centrinis matymas – tai akies sugebėjimas skirti daiktų formas.

Diferencinis šviesos slenkstis – tai mažiausias šviesos kiekis, kurį akis gali pajusti.

Dinaminis regos aštrumas - regėjimo funkcija, kuri, per sąlyginai trumpą laiką, reikalauja stebėtoją aptikti judantį objektą, vizualiai pagauti jį akių judesiais.

Fotopinis matymas – dieninis matymas, kuriam būdingas didelis regėjimo aštrumas ir geras spalvų jutimas.

Fotoreceptoriai – juntamųjų nervinių skaidulų galuose esantys specializuoti dariniai, gebantys priimti šviesos dirgiklius ir juos paversti nerviniais impulsais.

Geltonoji dėmė- centrinė tinklainės dalis, atsakinga už centrinį matymą.

Jautrumas mirgėjimui - gebėjimas pastebėti video signalo mirgėjimą monitoriuje.

Laikinis dažnis- pasikartojimų skaičius laiko intervale.

Matomumas – galimybė atskirti supančios aplinkos ypatybes, santykinai juos apšvietus ir esant skaidriai aplinkai.

Mezopinis matymas – prieteminis matymas, kuriam būdingas mažas regėjimo aštrumas ir spalvų nejutimas.

Monochromatinė šviesa – kai visų fotonų bangų ilgiai vienodi.

Nistagmas – tai būklė, kuriai būdingi nevalingi akių judesiai, paprastai sukeliantys galvos svaigimą ir šleikštulį.

Optotipai – ženklai regai tirti.

Periferinis regėjimas- tinklainės periferinės dalies funkcija, kai daikto vaizdas atsiranda bet kurioje tinklainės vietoje, esančioje į kurią nors pusę nuo centrinės duobutės.

Rodopsinas – tai baltyme esantis retinalis, A vitamino aldehidas.

Skiriamoji geba - gebėjimas atskirti du gretutinius taškus; jei galima įžiūrėti du gretutinius taškus, vadinasi galima atskirti kaip du elementus.

Skotoma - ribotas (dalinis) akipločio defektas, nematomas plotelis.

Skotopinis matymas – naktinis matymas, kuriam būdingas tik šviesos jutimas.

Spalvinis regėjimas – akies sugebėjimas justi įvairias spalvas.

Šviesos jautrumas - akies gebėjimas skirti nevienodą apšvietimą.

Žvilgsnio plotas apima visus erdvėje matomus taškus judant akiai, bet nejudant galvai. Žvilgsnio plotas yra didesnis už akiplotį.

IVADAS

Aplinka, kurioje mes gyvename, yra dinamiška. Mūsų gebėjimas matyti judančius objektus, padeda mums susidoroti su gyvenimiškomis užduotimis, tokiomis kaip vairavimas, skraidymas ar sportinė veikla. Šis vaizdinis gebėjimas, apibūdinamas kaip dinaminis regėjimo aštrumas (DRA). Tai apibrėžiama kaip sudėtinga regėjimo funkcija, kuri, per sąlyginai trumpą laiką, reikalauja stebėtoją aptikti judantį objektą, vizualiai pagauti jį akių judesiais. 1985 m. Nacionalinė Tyrimų tarybos Regėjimo komitetas (the Committee on Vision of the National Research Council) konstatavo, kad dinaminis regos aštrumas (angl. DVA) realiame gyvenime dažniau naudojamas, nei statinis regos aštrumas (Quevedo L. ir kt., 2012). Tai savo pranešimuose skelbė ir Nacionalinė mokslų akademija (angl. National academy of sciences). Teigdama, kad DRA ir kontrasto jautrumas realiame gyvenime vaidina didelį vaidmenį. Tyrimai parodė, kad prognozuojant avarijų tikimybę, organizuojant policijos, karių, kosmonautų darbą, dinaminis regos aštrumas yra toks pat svarbus kaip ir statinis.

Tarp subjekto judėjimo ir vaizdinės informacijos, kurią mes privalome įsisąmoninti, yra glaudus ryšys. Jis reikalingas tam, kad galėtume sėkmingai atlikti įvairias gyvenimiškas užduotis: vairuoti automobilį ar kitas transporto priemones, valdyti lėktuvus ir pan.

Tokių sporto šakų atstovai, kaip krepšinis, futbolas, tenisas, čiuožimas-šaudymas, parodė didelį susidomėjimą dinaminio regos aštrumu, nes tyrimais įrodyta, kad tai turi įtakos sporto rezultatams. Keletas autorių (H. Ishigaki, M. Miyao ir kiti) pateikė tiesioginius įrodymus, kad sportininkai, kuriems reikalingas greitis ir staigi reakcija, turėjo aukštesnę skiriamąją gebą (Quevedo L. ir kt., 2012).

Šiame darbe analizuojamas dinaminis regos aštrumas. Pasaulyje, tai pakankamai plačiai, nuo 1958 m. tiriama regos sritis, o Lietuvoje šie regos tyrimai neatliekami. Atlikta apklausa ir pateikti jos rezultatai.

Dinaminio regos aštrumo tyrimai turi tiek teorinę, tiek praktinę vertę. Tai rodo šio reiškinio tyrimų seka. Šios srities tyrimų rezultatai naudojami visuomeniniame gyvenime, įvairių profesijų darbe. DRA savybių tyrimo rezultatai padeda gerinti sportinius rezultatus, vairavimo kokybę, geriau orientuotis aplinkoje.

Darbo tikslas: ištirti dinaminį regos aštrumą.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti regos sistemos funkcijas.

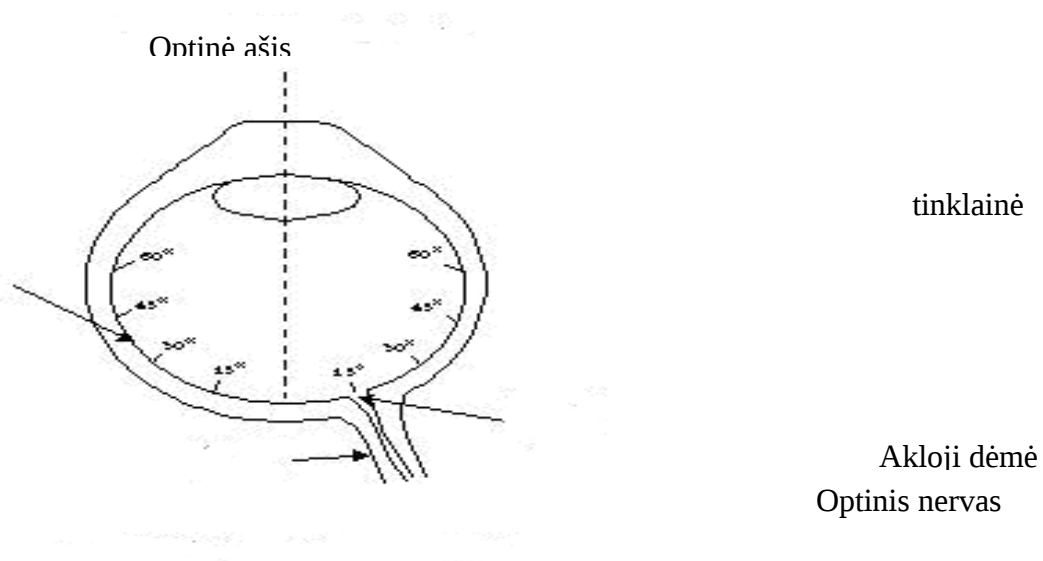
2. Atskleisti mokslinių dinaminio regos aštrumo tyrimų problematiką.
3. Atlikti tikslinės respondentų grupės apklausą apie dinaminį regos aštrumą ir apibendrinti rezultatus.
4. Ištirti 15 žmonių statinį ir dinaminį regos aštrumą.

Darbo metodai: mokslinės literatūros analizė, interviu, eksperimentas.

1. REGOS FIZIOLOGIJA

Akis turi dviejų rūšių šviesos receptorius, arba fotoreceptorius, kurie reaguoja į šviesą ir paverčia ją elektriniais arba nerviniais signalais per kompleksinį elektro-cheminį procesą. Šie sensoriai vadinami kūgeliais (cones) ir stiebeliais (rods). Jie išsidėstę skersai tinklainės, vidinėje akies dalyje, kur šviesos energija krenta sufokusuota lęšių. Kūgeliai skirti „dieniniam“ matymui, jie yra jautrūs spalvoms, susikoncentravę centriniame akies regione, turi labai didelę skiriamąją gebą. Stiebeliai naudojami „naktiniam“ matymui, skiria tik ryškumą, bet ne spalvą. Jie išsidėstę skersai tinklainės, neturi didelės skiriamosios gebos. Žmogaus akyje stiebelių yra daug daugiau nei kūgelių (Vaitkevičius P. H. 2002).

1 paveiksle matome, kad tinklainėje yra viena vieta, kur nėra šviesos sensorių; tai akloji dėmė, vieta iš kur eina optinis nervas. Nuostabiausia tai, kad žmogaus smegenys užpildo šią „dėmę“ trūkstama vizualine informacija ir mes nesuvokiame „aklos dėmės“.



1 pav. Pagrindinė akies struktūra (Duomenų šaltinis: Markevičiūtė, 2010).

Akies tinklainėje daugiausiai receptorių sutelkta jos centrinėje dalyje – geltonojoje dėmėje (angl. fovea). Skirtinga receptorių koncentracija tinklainės centre ar aplink ją suformuoja centrinį ir periferinį matymą. Centrinis matymas suteikia galimybę matyti daiktus aiškiai ir suvokti juos t. y.

nustatyti kas tai, o periferinis – plačiame matymo lauke aptikti daiktą ir nustatyti kur tai. Žmogus savo žvilgsnį gali nukreipti pasukdamas kūną, galvą bei akis. Taigi, žvilgsnio krypties valdymo sistemą sudaro 3 pakopos: kūnas, galva ir akys. Galva ir akys valdant žvilgsnio kryptį, pasižymi dideliu tarpusavio koordinuotumu, greičiu ir tikslumu, todėl jie gali būti laikomi pagrindiniais žvilgsnio krypties valdymo sistemos elementais.

Rega iš esmės laikoma sensorine funkcija, nes ji suteikia daugiausia informacijos apie mus supantį pasaulį. Tačiau dėl gerai išvystyto centrinio matymo ir dėl atsiradusio poreikio nukreipti žvilgsnį į pasirinktą objektą, regos sistema taip pat pasižymi geromis motorinėmis savybėmis. Nesunku suprasti, kad tiriant regos sistemą, mokslininkų dėmesį traukia ne tik labai geros regėjimo savybės, bet ir regos sistemos krypties (akių ir galvos posūkių) valdymo galimybės.

1. 1. REGĖJIMO FUNKCIJOS

Regą, daugelis, suvokiame kaip savaime suprantamą dalyką. Žmogaus vizualusis suvokimas mums atrodo savaime suprantamas ir mes apie tai net nesusimąstome. Mes negalvojame apie tai, kaip fiziologiniai procesai paveikia tai, ką mes matome ir kaip mes matome. Regėjimas – vienas svarbiausių jutimų, teikiančių daugiausia informacijos apie aplinką. Regėjimu žmogus orientuojasi erdvėje, vertina nuotolį, kryptį, daiktų erdvinius ryšius, seka procesų ir reiškinių dinامينius pokyčius, kontroliuoja ir reguliuoja savo judesius, suvokia meno kūrinius, stebi gamtos pasikeitimus. Nors regą įtakoja ne tik fiziologiniai bet ir psichologiniai veiksniai, šiame darbe gilinsimės tik į fiziologinius regos aspektus, kadangi, jie labiau susiję su nagrinėjama tema.

Yra išskiriamos 5 regėjimo funkcijos:

1. Centrinis regėjimas arba formos jutimas.
2. Spalvų jutimas.
3. Periferinis matymas.
4. Šviesos jutimas.
5. Binokulinis arba erdvinis regėjimas.

Regimoji informacija pateikiama kaip statinė arba dinaminė. Šiame darbe analizuojamas dinaminis regos aštrumas.

Centrinis matymas

Centrinio matymo kokybės rodmenys yra regos aštrumas ir spalvų skyrimas. Centrinio regėjimo vieta - geltonosios dėmės centrinė duobutė.

Norint atpažinti įvairius daiktus, juos reikia ne tik išskirti iš aplinkos pagal šviesumą arba spalvą, bet ir atskirti jų detales. Kuo mažesnės detalės išskiriamos, tuo geresnis regos aštrumas. Terminas „regėjimo aštrumas“ lotyniškai vadinamas vienu žodžiu „*visus*“ ir žymimas raide „V“. Akiai stebint objektą, iš matomo objekto kraštinių taškų einantys spinduliai ir akies mazginis taškas sudaro kampą, vadinamą žiūros kampu – *angulus visorius*. Regos aštrumas atvirkščiai proporcingas žiūros kampo dydžiui.

1862 m. Snellen'as pagal šį dydį sudarė lenteles regos aštrumui tirti, vienos minutės žiūros kampą laikydamas norma. 1909 m. Tarptautinis oftalmologų kongresas Neapolyje patvirtino vienos minutės žiūros kampą normalaus regos aštrumo standartu, kuris lygus 1,0 (A.Blužienė, V.Jašinskas, 2005).

Regos aštrumas – akies sugebėjimo skirti tam tikro objekto detales ir formą įvertinimas. Regos aštrumui įvertinti naudojamos standartizuotos optotipų lentelės – paveikslėliai, raidės, skaičiai, E raidė. Jis gali būti vertinamas iš toli (paprastai 4-6 m), arti (40 cm). Regėjimo aštrumas gali būti vertinamas įvairiose skalėse: metrinėje (normalus regėjimo aštrumas (NRA) 6/6 ir didesnis), Sneleno (NRA 20/20 ir didesnis), logMar (NRA 0.0), dešimtainėje (NRA 1.0 ir didesnis). Lietuvoje naudojama dešimtainė regėjimo aštrumo skalė.

Norint atpažinti įvairius daiktus, juos reikia ne tik išskirti iš aplinkos pagal šviesumą arba spalvą, bet ir atskirti jų detales. Kuo mažesnės detalės išskiriamos, tuo geresnis regos aštrumas.

Regos aštrumui apibūdinti naudojamos 3 reikšmės:

1. Mažiausias matomas (minimum visible) dydis, juodo daikto, pvz.,taško, kurį pradeda skirti akis tolygiame baltame fone.
2. Mažiausias skiriamas (minimum separabile) atstumas, koku turi būti nutolę du daiktai, kad akis juos matytų kaip atskirus.
3. Mažiausias atpažįstamas (minimum cognoscibile) dydis objekto detalės, pvz.,brūkšnio, raidės ar skaičiaus, kai objektas tiksliai atpažįstamas.

Regos aštrumui apibūdinti vartojamos tik antroji ir trečioji reikšmės. Regos aštrumui nustatyti pagal antrąją reikšmę naudojami Landolto žiedai su kvadratinio iškirpimu kuris gali būti vienoje iš keturių (viršuje, dešinėje, apačioje, kairėje) arba vienoje iš aštuonių (4 tiesiose, 4

įstrižose) padėčių. Regėjimo tyrimui pagal trečiąją reikšmę naudojamos raidės, skaičiai, siluetiniai paveikslėliai (vaikams) (A. Blužienė, V. Jašinskas 2005).

Regos tyrimų metodika kai kuriose šalyse skiriasi, bet daugelyje Europos šalių ji standartizuota. Tiriamasis sodinamas veidu į optotipus 5 m atstumu nuo jų. Pagal optikos dėsnius 5 m yra pakankamas atstumas visiškam akomodacijos atpalaidavimui. Kai kuriose šalyse tiriama iš 20 pėdų nuotolio, atitinkančio 6 m. Tiriant iš mažesnio kaip penki metrai nuotolio, akys pradeda akomoduoti.

Objektyvus regėjimo aštrumo tyrimas dažniausiai taikomas ekspertizėje. Jo principas yra nevalingas optokinetinis nistagmo atsiradimas žiūrint į judančius daiktus (nistagmas – tai būklė, kuriai būdingi nevalingi akių judesiai, paprastai sukeliantys galvos svaigimą ir šleikštulį). Šiam tyrimui naudojamas nistagmo aparatas, kurio ekrane juda lentelė, sudaryta iš juodų ir baltų kvadratų (kaip šachmatų lenta). Mažiausių judančių kvadratų lentelė, kurią žiūrint atsiranda nistagmas, ir rodo regos aštrumą.

Spalvų joslė

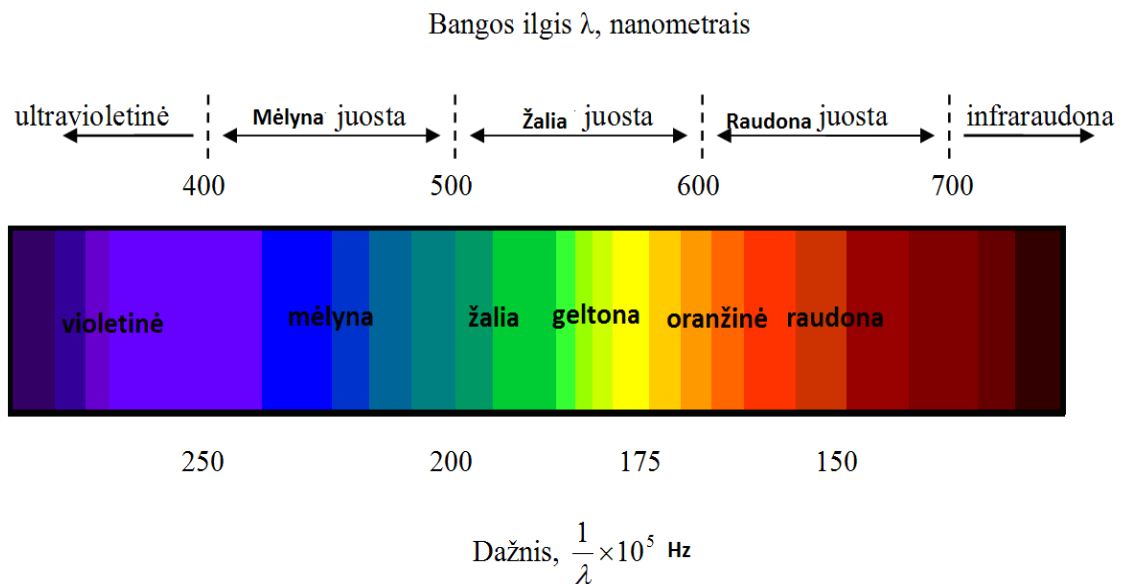
Akies savybė skirti spalvas turi neabejotiną reikšmę. Spalvų jutimas ne tik praplečia informacijos diapozoną, bet veikia ir psichofiziologinę organizmo būklę, reguliuoja nuotaiką. Žinomas netgi gydymas šviesa taikant atskirų spektro spalvų skirtingo poveikio savybes.

Spalvų jutimas, kaip ir šviesos, atsiranda dėl fotoreceptorių dirginimo elektromagnetiniais virpesiais. Vienos ar kitos spalvos atpažinimas priklauso nuo to virpesių dažnio, tai yra nuo spindulių bangos ilgio.

Sąlyginai galima išskirti 3 spalvų grupes:

- ilgabanges – raudoną ir oranžinę;
- vidutinio ilgio bangas – geltoną ir žalią;
- trumpabanges – žydrą, mėlyną, violetinę.

2 paveiksle pateikti regimosios šviesos bangų ilgiai ir juos atitinkančios spalvos, ir parodyta kaip jos susijusios su įprastiniu skirstymu į raudonos, žalios ir mėlynos spalvos juostas.



2 pav. Regimosios šviesos spektras (Duomenų šaltinis: : Markevičiūtė, 2010).

Visas aplinkoje esančias spalvas galima suskirstyti į 2 grupes: achromatinės ir chromatinės. Achromatinės – tai balta, pilka, juoda, kuriose žmogus atskiria iki 300 skirtingų atspalvių. Visas achromatinės spalvas charakterizuoja viena savybė – ryškumas arba šviesumas, t. y. Artumo baltai spalvai laipsnis. Chromatinėms spalvoms priklauso visi spalvinio spektro tonai ir atspalviai. Jos charakterizuojamos 3 savybėmis:

- spalviniu tonu, priklausančio nuo bangos ilgio;
- sodrumu, kurį apsprendžia pagrindinio tono ir priemaišų jame santykis;
- ryškumu arba šviesumu, t. y. artumo baltai spalvai laipsniu.

Įvairūs šių charakteristikų deriniai sudaro daugybę chromatinių spalvų atspalvių (A. Blužienė, V. Jašinskas, 2005).

Nustatyta, kad fizinis pasaulis neturi spalvų, yra tik skirtingo ilgio šviesos bangos. Tinklainės funkcija – paversti mūsų pasaulį spalvotu, įdomiu, tai kad ne visi signalai pasiekia mūsų galvos smegenų regėjimo centrą, apie 20 %, jų sulaikoma hipofizės liaukoje. Siekiant ištirti regos sistemos funkcijas, tikslingas ir spalvų joslės ištyrimas. Spalvų joslės tyrimai padeda skirti šviesą iš spalvos tono intensyvumo ir šviesumo. Gali būti atliekami šie spalvų joslės tyrimai:

- Ishikara tyrimas (nustato tik raudonos – žalios spalvų joslės sutrikimus);
- AO-HRR lentelės (nustato raudonos – žalios ir mėlynos – geltonos spalvos joslės sutrikimus);

- Munsell – Farnsworth 100 atspalvių atrinkimo tyrimas (nustato raudonos – žalios ir mėlynos – geltonos spalvų joslės sutrikimus ir spalvų sodrumą;
- Farnsworth D-15 tyrimas (nustato raudonos – žalios ir mėlynos – geltonos spalvų joslės sutrikimus);
- Nagelio anomasloskopas (tik raudonos – žalios spalvos joslės sutrikimus).

Patys jautriausi spalvinio kontrastinio jautrumo tyrimai nustato ne tik raudonos – žalios ir mėlynos – geltonos spalvų joslės sutrikimus, bet ir spalvų sodrumą (R. Liutkevičienė, Dž. Šarkūnaitė, A. Jasinskienė ir kt., 2011).

Periferinis regėjimas

Periferinis regėjimas yra silpnesnis už centrinį regėjimą, tačiau turi didelę praktinę reikšmę. Jis išplečia mūsų akiratį ir padeda orientuotis erdvėje. Be to dešinės ir kairės akies tinklainėje stebimo objekto vaizdas matomas skirtingu kampu ir nuotoliu nuo centrinės duobutės. Toks binokulinis regėjimas padeda geriau suvokti stereoskopinį stebimo objekto vaizdą ir padėti erdvėje. Periferinis regėjimas matuojamas akipločiu.

Akiplotis (arba žmogaus regos laukas) tai erdvė, kurią vienu metu mato nejudanti akis, fiksuodama nustatytą tašką erdvėje, kai galva taip pat nejuda. Jo pakitimai neretai būna vienintelis ankstyvas daugelio ligų simptomas. Akipločio tyrimas ypač padeda nustatyti galvos smegenų pažeidimo vietą. Akipločio dinamika dažnai būna svarbus kriterijus vertinant ligos eigą ir gydymo efektyvumą (Daktaravičienė E., Juodkaitė G., 1992).

Reikia nepamaišyti akipločio nuo žvilgsnio ploto, kuris apima visus erdvėje matomus taškus judant akiai, bet nejudant galvai. Žvilgsnio plotas yra didesnis už akiplotį.

Akiplotis yra statinis, nulemtas regos – optinės dalies, žvilgsnio laukas – dinamiškas ir priklauso dar ir nuo akies judinamojo aparato.

Akipločio dydis tiesiogiai proporcingas testinio stimulo intensyvumui, o jei intensyvumas nekeičiamas - jo dydžiui. Tai aiškinama tuo, kad tinklainės bipolinių ir ganglinių ląstelių sužadinimo slenkstis greičiau pasiekiamas esant stipresniam dirginimui (intensyvumas), arba kai sužadinama daugiau receptorių (dydis). Tai ypač akivaizdu tinklainės periferijoje, kur receptoriai yra išsidėstę rečiau, o jų sudaromi receptyviniai laukai didesni (Vaitkevičius P., 2002).

Akipločio sutrikimai

Dėl įvairių akių ligų, regimųjų takų ar regimosios žievės pažeidimų, akiplotis gali susiaurėti. Tokie sutrikimai vadinami regos defektu. Kai šis defektas apsuptas normaliu (nesutrikusiu) regos lauku, jis vadinamas skotoma. Vienos akies regos netekimas paprastai būna susijęs su tos akies ar jos regimųjų takų pažeidimais iki optinės kryžmės. Todėl vienos akies ar optinio nervo pažeidimas sukelia monokuliarinį regos lauko praradimą. Jei regos takai yra pažeisti toliau optinės kryžmės, visuomet sukeliami binokuliariniai regos lauko sutrikimai. Tai susiję su specifinių regos takų kryžiavimusi optinėje kryžmėje.

Kaip periferinis matymo defektas pakeičia kasdienį gyvenimą, priklauso nuo pakitimų dydžio: sunku vienam išeiti į gatvę, eidami periferijoje nemato objektų (pvz., automobilių), sunku orientuotis prietemoje, skaityti, nes pameta eilutę. Kadangi nelieka periferinio akipločio, gali sutrikti periferinė fuzija ir imti dvejetainis. Turintiems periferinio matymo defektą pacientams namie rekomenduojama taikyti kuo geresnį apšvietimą, lauke nešioti kontrastą gerinančius akinius.

Dažniausiai akipločio sutrikimai atsiranda dėl tinklainės distrofijos (retinitis pigmentosa, fotoreceptorių distrofijos), glaukomos, dėl optinio nervo, regimosios kryžmės, optinio trakto, šoninio kelinio kūno, pirminės regimosios žievės, ar kitų, su rega susijusių žievės pažeidimų. Priklausomai nuo akies ar regimųjų takų pažeidimų sukeliamas specifinis regos lauko sutrikimas, kuris gali apimti vienos ar abiejų regos lauko pusių sutrikimus.

Esant įvairioms akių ligoms ar žievės pažeidimams dažnai pravartu atlikti regos akipločio ar viso regos lauko tyrimą. Šie tyrimai dažnai skiriami glaukoma sergantiems pacientams. Glaukomos, kuriai progresuojant nyksta tinklainė, pirmiausia pažeidžiamas periferinis matymas (pacientai gali to nepastebėti) ir tik vėliau – centrinis matymas. Ligos progresavimas gali būti vertinamas pagal periodiškai sudaromus regos lauko žemėlapius, kurie gaunami panaudojant įvairius regos akipločio matavimo aparatus.

Akipločio dinamika dažnai būna svarbus kriterijus vertinant ligos eigą ir gydymo efektyvumą. Tiriant akiplotį, reikia nustatyti jo ribas ir ieškoti defektų akiplotyje.

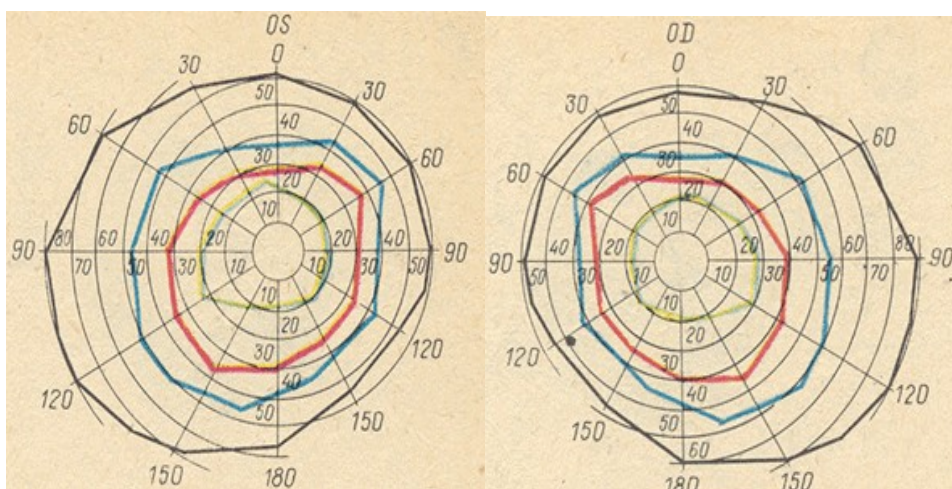
Dažniausiai tiriamas kiekvienos akies (monokulinis akiplotis), rečiau tuo pačiu metu abiejų akių (binokulinis akiplotis).

Normalaus akipločio ribos priklauso nuo daugelio faktorių:

- Tyrimo metodikos: objekto dydžio, ryškumo, atstumo nuo akies, fono ryškumo, kontrasto tarp objekto ir fono, objekto spalvos ir judėjimo greičio;
- Tiriamasis žmogus turi suprasti, ko iš jo nori gydytojas, mokėti greitai orientuotis ir kt;

- Veido konfigūracijos nosies nugarėlės, viršutinio akiduobės krašto, akies obuolio padėties akiduobėje, viršutinio voko padėties.
- Sveiko žmogaus akiplėčio ribos baltai spalvai, tiriant 5 mm skersmens objektu ir perimetru, kurio lanko spindulys 33 cm, yra tokios:
 - į išorę - 90°, žemyn 60- 70°, į vidų 60°, į viršų 55°;
 - Akiplėčio chromatinėms spalvoms ribos yra siauresnės negu baltai spalvai.

Akiplėčio ribos baltam ir spalvotam objektui



3 pav. Akiplėčio ribos baltam ir spalvotam objektui (Duomenų šaltinis: Andrijauskas A.)

Akiplėčio tyrimo būdai

Akiplėčiui tirti naudojami trys svarbiausi metodai:

- kontrolinis būdas (paprastas, bet netikslus);
- kampimetrija (akiplėčio tyrimas plokštumoje);
- perimetrija (akiplėčio tyrimas sferiniame paviršiuje t. y. tyrimas specialiais prietaisais perimetrais).

Kontrolinis metodas.

Jis yra labai paprastas, tačiau netikslus.

Metodo esmė: tiriamojo ir gydytojo akiplėčių lyginimas, kai gydytojo akiplotis yra normalus.

Akiplotis kontroliniu metodu tiriamas šitaip: ligonis sodinamas nugarą į šviesos šaltinį, o gydytojas atsisėda prieš ligonį 0,5-1 metro atstumu. Ligonis uždengia vieną savo akį, o gydytojas uždengia

priešingą savo akį (pvz., ligonis kairiąją, o gydytojas dešiniąją). Ligonis žvilgsniu fiksuoja gydytojo akį, o gydytojas vienodu atstumu (tarp savęs ir ligonio) vedžioja nuo periferijos į centrą įvairiomis kryptimis 1 cm skersmens baltą skritulėlį, pritvirtintą ant juodos lazdelės.

Jei objektą vienu metu pastebėjo gydytojas ir ligonis, tai jo akiplotis normalus. Gydytojas, lygindamas savo ir ligonio akiplotį, gali nustatyti tiriamojo akipločio susiaurėjimą arba defektus akiplotyje.

Kampimetrija.

Tai akipločio tyrimas plokštumoje.

Metodas tinka akipločio centrinei daliai tirti ir šios dalies defektams nustatyti (aklosios dėmės, centrinių ir paracentrinių akipločio defektų skotomų).

Kampimetras, tai matinė, juoda, 2m x 2m dydžio lenta, kurios centre yra fiksavimo taškas. Tirama šitaip: ligonis sodinamas nugara į šviesos šaltinį 0,25-1m atstumu nuo kampimetro, smakras ir kaktas būna atremti į specialų fiksatorių, kuris pastatytas tiesiai prieš fiksavimo tašką centre. Viena akimi ligonis žiūri į fiksavimo tašką, o antroji būna uždengta.

Gydytojas vedžioja nuo centro į periferiją 1-5-10 mm skersmens objektus, pritvirtintus ant juodų ilgų lazdelių horizontaliame, vertikaliame ir įstrižuose meridianuose.

Segtuku arba kreida žymimos vietos, kuriose ligoniui dingsta objektas.

Tiriant kampimetru, akipločio plotas matuojamas linijomis ir priklauso nuo tiriamojo nuotolio iki lentos. Kuo didesnis nuotolis, tuo didesnė akipločio projekcija.

Nežiūrint kampimetrijos privalumų, ji turi ir trūkumų. Jie priklauso nuo to, kad tinklainės sferinis paviršius (įdubęs rutulys) projektuojamas plokštumoje.

Svarbiausi trūkumai yra šie:

- Vienodus tarpus tinklainėje atitinka nevienodi akipločio tarpai kampimetre;
- Normalus akiplotis netelpa jokio dydžio frontalinėje plokštumoje.

Iš lateralinės pusės akiplotis yra 90°, o linija, kuri turėtų pasiekti šią ribą eis lygiagrečiai kampimetru, todėl lateralinės normalaus akipločio ribos negalima nustatyti kampimetru.

Perimetrija tai akipločio tyrimas sferiniame paviršiuje t. y. tyrimas specialiais prietaisais perimetrais.

Metodas neturi tų trūkumų, kuriuos turi kampimetrija. Vienodus tarpus tinklainėje atitinka vienodi akipločio tarpai perimetre.

Dabar akipločio tyrimui naudojame daugelio tipų perimetrus. Tai Fersterio, rankinis, projekcinis registracinis, sferinis, automatinis perimetrai. Seniausias ir paprasčiausias yra Fersterio perimetras.

Gulintiems ligoniams akipločiui tirti naudojamas portatyvus išardomas (rankinis) perimetras. Tikslesnę informaciją apie periferinę regėjimą galima gauti tiriant jį projekciniu registraciniu (PRP) ir sferiniu perimetrais.

Pastaraisiais metais sukurti automatiniai perimetrai. Jie palengvina oftalmologo darbą ir padeda tiksliau nustatyti reikalingus duomenis. Tai sferiniai perimetrai, kuriuos valdo nedidelis kompiuteris ir kuriame užprogramuota keletas tyrimo programų.

Perimetrijos metodai:

Kiekybinė (kvantitatyvinė) perimetrija. Tiriant akiplotį vienu objektu, periferinę regėjimą galima įvertinti tik kokybiškai, t. y. atskirti tik kai kurias akiplotyje matomas ir nematomas sritis.

Kur kas tikslesnė yra kiekybinė perimetrija. Tyrimas atliekamas sferiniu perimetru dviem skirtingo skersmens objektais, kurie šviesos filtrų pagalba sulyginami taip, kad atspindėtos šviesos kiekis būtų vienodas.

Tiriant sveikos akies akipločio ribas abiem objektais, jos būna vienodos. Jei ribų skirtumas daugiau kaip 5° , tai yra patologija.

Šis perimetrijos metodas padeda nustatyti akipločio pakitimus ankstyvose patologinio proceso stadijose ir tuo yra geresnis negu paprastoji perimetrija.

Statinė perimetrija.

Tai labai tikslus akipločio tyrimo metodas.

Tyrimo esmė tokia: iš anksto parinktuose akipločio taškuose (50-100 ir daugiau taškų) gydytojas rodo kintamo skersmens ir ryškumo nejudančius objektus.

Šiuo metodu galima tiksliai nustatyti akipločio defektus. Be to, atliekant statinę perimetriją, galima sužinoti apie įvairių tinklainės taškų absoliutinį, minimum percepibile, ir diferencinį, minimum separabile, šviesos jutimą.

Spalvinė perimetrija.

Tiriant naudojami spalvoti objektai. Tinklainės periferija yra achromatinė zona (nėra kūgelių), todėl akipločio periferijoje spalvoti objektai atrodo tarsi pilki.

Objektui judant į centrą, žmogus iš pradžių pastebi patį objektą, o tik vėliau jo spalvą. Akipločio spalvinė riba žymima tuomet, kai tiriamasis teisingai pasako spalvą.

Spalvinio akipločio tyrimas padeda anksti nustatyti tinklainės, regos nervo ir optinių takų patologiją.

Šviesos jutimas

Šviesos bangų jutimas yra visų regos funkcijų pagrindas. Šis jutimas įvairiose tinklainės vietose skirtingas. Tinklainės centre esantys kūgeliai puikiai skiria objektų formą, spalvą, o tinklainės periferija su dominuojančiais stiebeliais labai jautri šviesai, bet spalvų neskiria, o formą skiria silpniau.

Regos sistema priima, koduoja ir smegenų centruose dekoduoja tokius šviesos dirgiklio požymius:

- Stiprumą;
- Spalvą;
- Formą;
- Padėtį erdvėje;
- Judėjimą;
- Trukmę.

Šviesos šaltinio ryškumo jutimą lemia:

- Šviesos spinduliavimo intensyvumas;
- Kontaktas tarp šviesos dirgiklio ir jį supančio fono;
- Akies adaptacijos laipsnis (pvz., prie tamsos prisitaikiusi akis yra gerokai jautresnė nei neprisitaikiusi);
- Šviesos dirgiklio plotas;
- Šviesos dirgiklio projekcijos tinklainėje vieta (jautriausia yra tinklainės centrinė duobutė);
- Šviesos spektrinė sudėtis (žmogaus akis jautriausia žaliai ir geltonai šviesai) (Bagdonas, 1977).

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 aldehydas. Retinalis gamtos atrinktas matymo procesui pačioje evoliucijos pradžioje.

Dėl skirtingo stiebelių ir kūgelių jautrumo šviesai jų veikla priklauso nuo apšvietimo intensyvumo, pagal kurio laipsnį skiriamos trys akies funkcinės galios būsenos:

1. Dieninis (fotopinis) matymas, kuriam būdingas didelis regėjimo aštrumas ir geras spalvų jutimas. Šiuo atveju funkcionuoja kūgeliai esant pakankamai intensyviam apšvietimui.
2. Prieteminis (mezopinis) matymas, funkcionuojant stiebeliams, kai apšvietimas silpnas (0,1 – 0,3 liuksų), kuriam būdingas mažas regėjimo aštrumas ir spalvų nejutimas.
3. Naktinis (skotopinis) matymas, taip pat funkcionuojant tik stiebeliams slenkstinio ar viršslenkstinio apšvietimo sąlygomis, kuriam būdingas tik šviesos jutimas.

Šviesos joslės tyrimas

Šviesos jutimą galima tirti kaip akies gebą justi šviesą ir kaip gebą atpažinti šviesos intensyvumo skirtumus.

Pats mažiausias šviesos kiekis, kuris gali būti juntamas, vadinasi dirginamasis šviesos slenkstis - *minimum perceptibile*. Pats mažiausias stiprumo skirtumas, kurį akis geba atpažinti, vadinasi – diferencinis šviesos slenkstis, jis klinikinėje praktikoje nustatomas vizokonstrastiniu tyrimu, nors nėra plačiai naudojamas.

Minimum perceptibile yra labai nevienodas, jei akis pirmiau bus žiūrėjusi į šviesą, arba buvusi pritemdytoje aplinkoje. Iš šviesos įėjus į tamsą, iš karto nieko nesimato, tik po kiek laiko akys pradeda matyti didelius daiktus ir pamažu vis smulkesnius – tai adaptavimasis prie tamsos, vadinamas *tamsine adaptacija*. Išėjus iš tamsos į ryškią šviesą, akys iš karto apakinamos, bet tuoj apsipranta ir pradeda vėl gerai matyti – tai adaptavimasis prie šviesos, vadinamas *šviesine adaptacija*. Ji labai trumpalaikė, todėl sunkiai tirinama.

Tamsinė adaptacija tirinama lyginant su paties gydytojo tamsine adaptacija – pritemdant kambarį ir stebint regėjimo kitimus. Šviesos jutimui tirti yra lentelės su juodais optotipais pilkame fone (Seggel) arba pilkais optotipais juodame fone (Treitel). Tiksliesniam ištyrimui naudojami prietaisai, t.y. adaptometrai, kuriais nustatoma šviesos jutimo dinamika, nubrėžiama jutimo kitimo kreivė. Tamsinės ir šviesinės adaptacijos procesų būklę objektyviai ir kiekybiškai rodo elektrookulograma.

Šviesos joslės sutrikimai

Sutrikus tamsinei adaptacijai, akys dieną mato gerai, o prietemoje – blogai. Tai vadinama vištakumu (hemeralopia). Kai akys prietemoje mato geriau negu šviesoje, vadinama naktakumu (nyctalopia).

Binokulinis matymas

Binokuliniu arba tiksliau bifovealiniu matymu vadinamas abiejų akių tinklainių centrines duobutėse gautų vaizdų suliejimas į vieną.

Binokulinis matymas – tai jungtinė abiejų akių sensorinių ir motorinių sistemų veikla vienu metu, nukreipianti regimąsias ašis į objektą, suliejanti to objekto monokulinius vaizdus į vieningą regimąjį vaizdą ir jį lokalizuojanti atitinkamoje erdvės vietoje. Binokulinis matymas sustiprina objekto ryškumą ir sudaro galimybę tiksliau įvertinti trečią erdvinį matavimą bei atstumą. Jis pradeda formuotis dviejų mėnesių kūdikiams ir baigiasi 6-10 gyvenimo metais. Binokulinišku žiūrėjimu vidinės monokolinių akipločių dalys klojasi viena ant kitos, sudarydamos bendrąjį žiūrėjimo lauką. Objektas, kuris yra bet kurioje vietoje, vienu metu sudirgina abiejų akių tinklaines. Binokulinio akipločio ribos gali varijuoti priklausomai nuo individo, sudarydamos horizontaliai apie 115°. Šoninės akipločio ribos išlieka monokulinės.

Binokulinės objekto fiksacijos stimulus - tai pastovi regos sistemos tendencija nugalėti diplopiją. Vaizdų, patenkančių į kiekvienos akies tinklainę, susilieėjimas galimas tuomet, kai sudirginama abiejų akių foveolinė sritis arba tos vietos, kurios yra vienodai nutolusios nuo vienos ar kitos akies foveolės ta pačia linkme - tai atitinkantys (identiški arba korespondenciniai) abiejų akių tinklainių taškai. Jei objekto vaizdas pakliūva ne į identiškų, tai yra į skirtingus (disparatinius) tinklainės taškus, tai jis dvejinasi (A.Blužienė, V.Jašinskas, 2005).

Jei disparatiškumas yra per didelis, kad dvi vizualines kryptis sulietų į vieningą, bet nepakankamai didelis, kad sukeltų diplopiją (dvejinimasis), tuomet atsiranda erdvinis matymas – stereopsija. Stereopsija (erdvinis matymas) yra atsakas į disparatišką tinklainės stimuliavimą.

Binokulinio matymo sutrikimai:

1. Dvejinimasis (dyplopia). Diplopiją paprastai lemia įgytas regos ašių nukrypimas. Diplopija yra tokios situacijos pasekmė, kai vaizdas krenta tik į vienos akies foveolinę, o kitos akies – į ne foveolinę sritį. Esant diplopijai tas pats objektas matomas kaip turintis dvi skirtingas lokalizacijas subjektyvioje erdvėje: foveolinis vaizdas esti visuomet aiškesnis negu nefoveolinis.
2. Fuzijos sutrikimas (confusio). Konfuzija yra sunkiai gydomos diplopijos tipas.
3. Slopinimas (suppresio). Supresija yra regimojo jutimo pasikeitimas, kurį lemia vienos akies vaizdo slopinimas, arba apsaugojimas nuo to, kad jutimas nepasiektų sąmonės. Patologinis regimosios ašies slopinimas būna kartu su žvairumu.

Binokulinio regėjimo buvimas yra nustatomas keturtaškio pagalba.

2. DINAMINIO REGOS AŠTRUMO PROBLEMATIKA MOKSLINIUOSE TYRIMUOSE

Mūsų gebėjimas matyti judančius objektus, padeda mums susidoroti su gyvenimiškomis užduotimis, tokiomis kaip vairavimas, skraidymas ar sportinė veikla. Šis vaizdinis gebėjimas, apibūdinamas kaip dinaminis regėjimo aštrumas (DRA). Tai apibrėžiama kaip sudėtinga regėjimo funkcija, kuri, per sąlyginai trumpą laiką, reikalauja stebėtoją aptikti judantį objektą, vizualiai pagauti jį akių judesiais. 1985 m. Nacionalinė Tyrimų tarybos Regėjimo komitetas (the Committee on Vision of the National Research Council) konstatavo, kad dinaminis regos aštrumas (angl. DVA) realiame gyvenime dažniau naudojamas, nei statinis regos aštrumas (Quevedo L. ir kt., 2012). Tai savo pranešimuose skelbė ir Nacionalinė mokslų akademija (angl. National academy of sciences), teigdama, kad DRA ir kontrasto jautrumas realiame gyvenime vaidina didelį vaidmenį.

2. 1. Dinaminio regos aštrumo mokslinių tyrimų raida

Pasaulyje, tai pakankamai plačiai tiriama regos sritis, dar 1958 m. Brody tyrė grupę vairuotojų ir nustatė, kad tie vairuotojai, kurių statinis regos aštrumas buvo nepriekaištingas, buvo blogesni vairuotojai, nei tie, kurių rega prastesnė. Jis sudarė sąrašą faktorių, kurie įtakojo vairavimo kokybę: regėjimas akinant, matymas šviečiant artimoms šviesoms, regos aštrumas, periferinis matymas, spalvinė juslė, dvejinimasis, atstumų nustatymas, pokyčių užfiksavimas, tachiskopinis suvokimas. Tokių sporto šakų atstovai, kaip krepšinis, futbolas, tenisas, čiuožimas-šaudymas, parodė didelį susidomėjimą dinaminio regos aštrumu, nes tyrimais įrodyta, kad tai turi įtakos sporto rezultatams. Keletas autorių (H. Ishigaki, M. Miyao ir kiti) pateikė tiesioginius įrodymus, kad sportininkai, kuriems reikalingas greitis ir staigi reakcija, turėjo aukštesnę skiriamąją gebą (Quevedo L. ir kt., 2012).

1995 metais gruodžio 26d. užpatentuotas išradimas (4 pav.). Tai yra pora skystųjų kristalų lęšių, kontroliuojamų įtampa, sumontuotų į rėmelį, kuriuos vartotojas dėvi kaip įprastus akinius (Randall F. Fuerst ir kt., 1995).

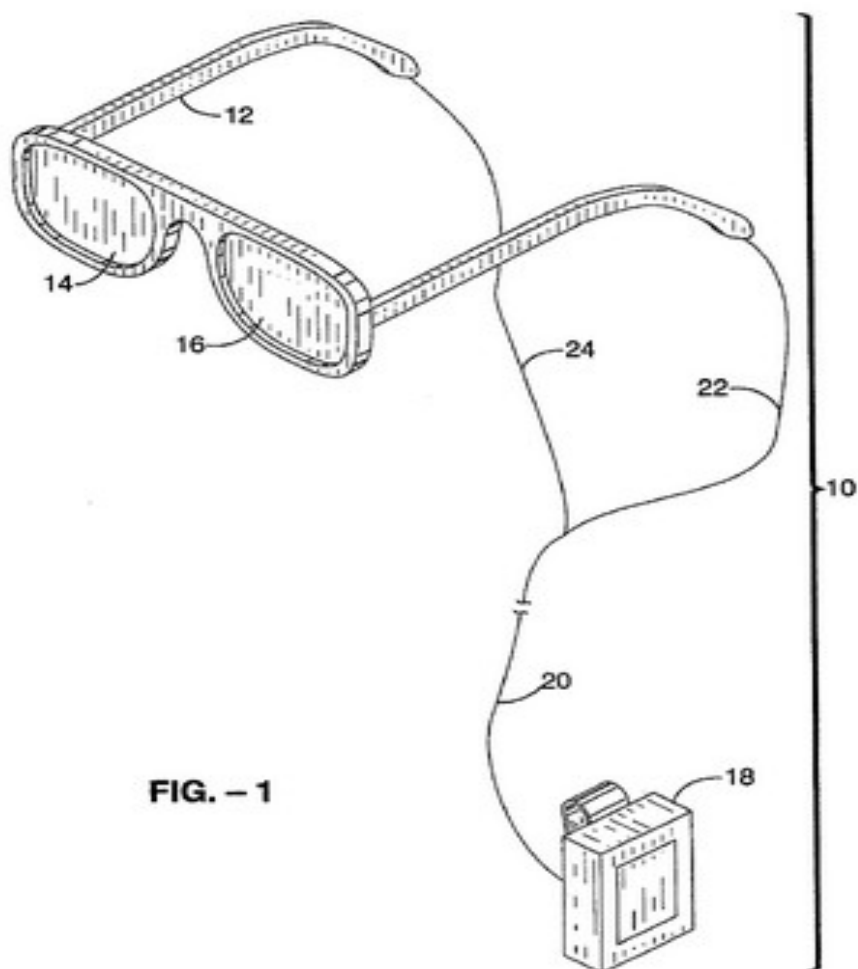


FIG. - 1

4 pav.
Akiniai
tyrimui.
Skystųjų
kristalų
(14, 16),

linzės

rėmelis (12), valdymo blokas (18) (Duomenų šaltinis: Randall F., 1995).

Šis išradimas skirtas tirti koordinaciją ir ypač reakciją į judančius objektus, valdyti vizualinę informaciją ir perduoti ją iš akių į smegenis, t. y. dinaminį regos aštrumą. Jis puikiai iliustravo, jog egzistuoja ryšys tarp dinaminio regos aštrumo ir sportinės veiklos taip pat policijos bei karinės veiklos, aviacijos, NASA ir kitų gyvenimiškų situacijų.

Daug sporto šakų, tokių kaip krepšinis, tenisas, futbolas, ledo ritulys ir kt. parodė susidomėjimą šiuo įrenginiu. Kai kurių sporto šakų atstovams raumenų tonusas ir jėga ne tokie

reikalingi kaip reakcija, kuri dažniausiai esti išugdyta, o ne natūrali (pvz. teniso ar golfo kamuoliukų padavimo mašina padeda gerinti reakciją).

Pasitelkus šį įrenginį, sukurti kompleksai pratimų, kad pagerinti reakciją ir žaidimo kokybę, skirtingom sporto šakom tokiom kaip krepšinis (šoklumas, gynyba, puolimas), tenisas (kamuoliuko atmušimas, servas) ir kiti (Randall F. Fuerst, 1995).

Nuo 1989 m. NASA gydytojai apklausdavo visus astronautus, grįžusius iš ilgų ar trumpų misijų kosmose, apie subjektyvius regos pojūčius. Kartojantis pranešimams apie regos pakitimus, NASA ėmėsi iš esmės ištirti galimas tokių regos pokyčių priežastis. Chung su kolegomis dokumentavo akių spaudimo padidėjimą iki 26,3%, Peters aprašė gryžtąją dinaminio regos aštrumo sumažėjimą (t. y. matymo pablogėjimą judėjimo metu) astronautams, praleidusiems kosmose 6 mėnesius (Elenos A. O'Rangers et. 1998).

Ludvig ir Miller dar 1958 m. savo tyrimais parodė, kad statinis regos aštrumas yra būtinas, bet ne pagrindinis faktorius puikiam DRA. Jie nustatė tokius DRA komponentus: statinis regos aštrumas, judančio taikinio sekimas akimis kombinuotas su staigiais akių judesiais, bei vaizdo interpretacija tinklainėje (Slade F. 1958).

Tyrimai parodė, kad prognozuojant avarijų tikimybę, organizuojant policijos, karių, kosmonautų darbą, dinaminis regos aštrumas yra toks pat svarbus kaip ir statinis.

Nepaisant visų tyrimų, apibendrinant dinaminio regos aštrumo tyrimų evoliuciją, teigtina, kad yra praktinių sunkumų tiriant DRA: dauguma tyrėjų mini efektyvios, standartizuotos įrangos trūkumą ar procedūrų, kurios užtikrina išsamų regėjimo funkcijos vertinimą.

2. 2. Dinaminio regos aštrumo svarba vairavimui

Geros regėjimo funkcijos yra labai svarbios saugiam vairavimui. Svarbiausios yra šios: regėjimo aštrumas, akiplotis, jautrumas kontrastui, spalvinis jutimas ir adaptacija tamsoje. Bet kurios iš šių funkcijų pablogėjimas sumažina žmogaus sugebėjimą sėkmingai vairuoti automobilį perpildytuose miestuose ir keliuose. Vairuotojas su regėjimo funkcijų sutrikimais negali tiksliai įvertinti pavojingos situacijos, kad galėtų greitai ir sėkmingai sureaguoti. Todėl visame pasaulyje vairuotojams, norintiems įsigyti vairuotojo pažymėjimą yra atliekami tyrimai, siekiant įvertinti šias funkcijas. Dažnai vairuojant žmogus patenka į mezopinio matymo būseną ir regos funkcija kartais gali būti nenuspėjama, nes įprastinio rutininio akių patikrinimo metu ji nustatoma fotopinėje būsenoje.

Akinanti šviesa yra viena iš svarbiausių vizualių pavojų vairavimui (pavyzdžiui besileidžianti saulė ir naktį iš priekio atvažiuojančių automobilių žibintai). Įrodyta, kad vairavimas naktį yra pavojingesnis nei dieną (Coeckelbergh ir kt. 2002).

Visos regėjimo funkcijos yra svarbios norintiems gauti vairuotojo pažymėjimus. Visi kandidatai yra patikrinami gydytojo oftalmologo. Patikrinimo metu dėmesys kreipiamas ypač į regėjimo aštrumą, regėjimo lauką, regėjimą prieblandoje bei progresuojančias akių ligas.

Kandidatų į vairuotojus pažymėjimui gauti arba vairuotojų tokiam pažymėjimui atnaujinti binokuliarinio regėjimo aštrumas, jeigu reikia su korekciniais lęšiais, žiūrint abiem akimis turi būti ne mažesnis kaip 0,5. Vairuotojo pažymėjimas neišduodamas ir neatnaujinamas, jei medicininis patikrinimas rodo, jog regėjimo horizontalus laukas mažesnis kaip 120°, išskyrus atskirus atvejus, pripažintus leistiniais medikų ar praktinio patikrinimo egzamino metu, arba, jei asmuo skundžiasi bet koku kitu akių sutrikimu, kuris keltų pavojų saugiam vairavimui. Jei nustatoma ar konstatuojama progresuojanti akių liga, vairuotojo pažymėjimas gali būti išduotas ar atnaujintas reikalaujant, kad kandidatas į vairuotojus būtų reguliariai tikrinamas kompetentingos medicinos institucijos (Europos sąjungos oficialus leidinys 2005 m.vasario 23d. III priedas Minimalios fizinės ir psichinės sveikatos normos, taikomos asmenims, vairuojantiems variklio varomą transporto priemonę).

Vairuojant, 90% visos informacijos gauname per regėjimo sistemą. Vairuojant yra svarbios šios sistemos dalys :

- Akomodacija, lęšiuko formos pasikeitimas geram matymui, įvairiu atstumu, atsakingu už matymą, perkeltant žvilgsnį nuo kelio į panelę. Bloga akomodacija lemia neryškų matymą.
- Regos aštrumas, atspindintis akies gebėjimą išskirti mažas detales, svarbus vertinant šviesoforo signalą bei kelio ženklus.
- Tamsinė adaptacija, akies prisitaikymas matyti įvairaus apšviestumo sąlygomis, svarbu važiuojant tuneliu.
- Erdvinis regėjimas padeda įvertinti objekto dydį, o pagal tai vairuotojas sprendžia apie artėjančio transporto greitį. Taip pat įvertinamas atstumas ir galimybė lenkti.
- Spalvų joslės pagalba matomi šviesoforo signalai.
- Kontrastinis jautrumas leidžia išskirti objektus iš aplinkos fono. Kontrastinis jautrumas leidžia pamatyti kliūtis, pėsčiuosius tamsoje.
- Dinaminis regos aštrumas, leidžiantis vairuojant vertinti kelio ženklus.
- Akių judesiai bei periferinis regėjimas tiria aplinką, pamato galimas kliūtis.

Nors atrodo, kad visos regos sistemos savybės labai svarbios vairuojant, tačiau studijos rodo, kad avarių rizikai ypatingai reikšminga yra akių judesiai, erdvinis matymas bei dinaminis regos aštrumas (K. Lococo, 2010).

2. 3. Nauja Kompiuterinė programinė įranga dinaminiam regos aštrumui tirti

Keletas autorių (E. Miller, T. Morrison, L. Hoffman ir kt.) apžvelgę dinaminį regos aštrumą apibūdinančią literatūrą, padarė išvadą, kad yra keletas faktorių, kurie įtakoja DRA: dinaminis regos aštrumas blogėja didėjant kampiniam greičiui; ilgesnio laiko išeiga veda prie aukštesnio lygio DRA; objekto rezultatai geresni horizontalioje nei įstrižoje trajektorijoje; rezultatai geresni padidinus kontrastą; ir DRA yra susijęs su tradiciniu statiniu regos aštrumu, nes geras statinis regos aštrumas yra būtina sąlyga geram DRA (Quevedo L. ir kt., 2012).

Grupė tyrėjų (JW. Miller, G. Long, K. Robertson ir kiti) išvystė tinkamą DRA vertinimo metodą. Tačiau, šių testų galimybės yra ribotos. Istoriškai, DRA matavimai rėmėsi instrumentais, kurie susidėjo iš duotu greičiu, aukšto kontrasto judančių objektų. Greitis buvo pamažu lėtinamas, kol subjektas galėjo teisingai identifikuoti objektą. Šitas testavimas šiek tiek panašus į situaciją, su kokia susiduriame kasdieniame gyvenime: vairuojant, sportuojant ir pan.

Atsiradus didėjančiam poreikiui tyrinėti DRA, sukurta kompiuterinė programinė įranga DinVa 3.0, kuri pasitarnavo elitinių sporto šakų vystymuisi, taip pat kitiems moksliniams tyrinėjimams, kurie iki šiol nėra publikuojami (Quevedo L. ir kt., 2012).

DinVa 3.0 programinės įrangos veikimo principas - judantis stimulus kompiuterio ekrane. Tačiau dar vyksta diskusijos dėl jos klinikinio ir laboratorinio naudojimo. Judančio stimulo kontrastas, greitis ir trajektorija naudojami kaip komplektas kintamų konfigūracijų (3 greičiai ir 3 kontrastai)(4 pav). Stimulas gali būti sudarytas iš vaizdo redaktoriaus ir atitinkamų spalvų objekto tam tikrame fone, naudojant chromatiškumo koordinatas CIE-XYZ, kaip tai vyksta realiame gyvenime (pavyzdžiui, vandensvydis baseine). Be to, judantis kūnas ekrane, juda tam tikra trajektorija: vertikalia ar nuožulnia, linijine ar paraboline. Taip pat, kad atkartoti realią gyvenimišką situaciją, testas gali būti pateikiamas ne didesniu nei 50 cm, kaip dirbant su kompiuteriu.

DRA sąvoka apima greitą reagavimą ir regėjimo aštrumą. DinVa 3.0 programinė įranga leidžia 2 skirtingais būdais pamatuoti DRA:

1. Lėtinant pastovaus dydžio objekto judėjimą;

2. Pradedant nuo mažiausio objekto (palaikant pastovų greitį) palaipsniui jį didinant, kol tampa įmanomą jį atpažinti.

Palaikant pastovų greitį (2 būdas) DRA išreiškiamas regos aštrumo vienetais (dešimtaine trupmena, logaritmu ir t. t.), nurodant greičio ir kontrasto konfiguraciją (1 būdas), DRA išreiškiamas pagal objekto dydį ir maksimalų greitį, kuriuo jis teisingai atpažįstamas.

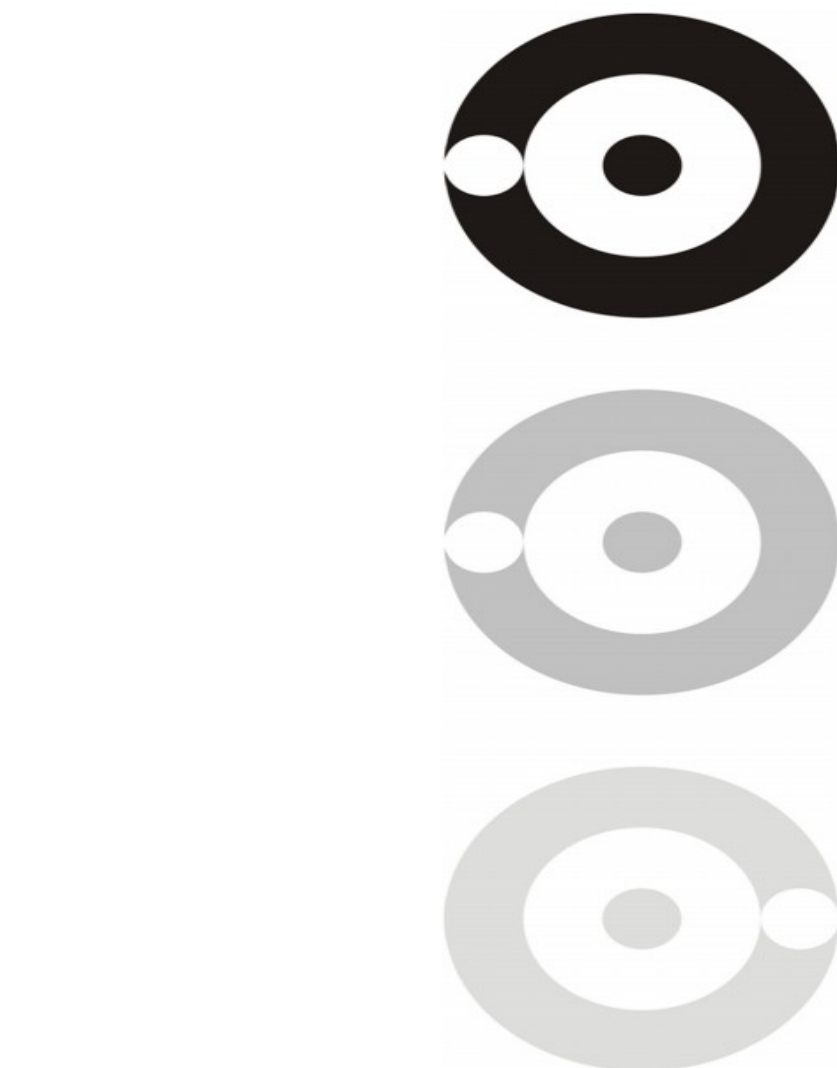
Šios įrangos struktūrinį pagrįstumą įvertinti pasiūlė testo autorius J. Muniz (Muniz J. 2004). Siekiant surinkti empirinius įrodymus ir įvertinti matavimų pagrįstumą, matavimai atlikti 2 būdais.

1 bandymas.

Bandyme dalyvavo 33 optometrijos studentai (16 moterų ir 17 vyrų) iš Optikų ir optometrijos fakulteto iš Terrassa. Amžiaus vidurkis 23,4 metai. Dalyvių rega buvo puiki, pastaruoju metu nesirgę jokiais sisteminėmis ligomis; regos aštrumas 20/20. Nė vienam iš dalyvių koreguota miopija ar hipermetropija neviršijo 4.0 D, jautrumo kontrastui funkcinė kreivė buvo normali (angl. CSF-contrast sensitivity function), kuri matuojama CSV 1000 (Vectorvision Inc, 1988), akių judesiai atitiko kriterijus (SCCO 4+) (Scheiman M, Wick B.,1996).

Dalyviai buvo testuojami naudojant Palomar Universal optotipus, kaip erdvinį stimulą (5 pav.). Šis optotipas panašus Landolto C žiedą, kuris gali būti pateikiamas 8 skirtingom pozicijom (spraga dešinėje, kairėje, viršuje, apačioje ir 4 įstrižai), kurias stebėtojas turi pasirinkti. Tas pats optotipas buvo rodomas tiek matuojant statinį, tiek dinaminį regos aštrumą.

DRA binokuliariai buvo matuojamas taip: nurodant dalyviams atpažinti ir suvokti ekrane rodomo Palomar optotipo padėtį, klaviatūros pagalba.

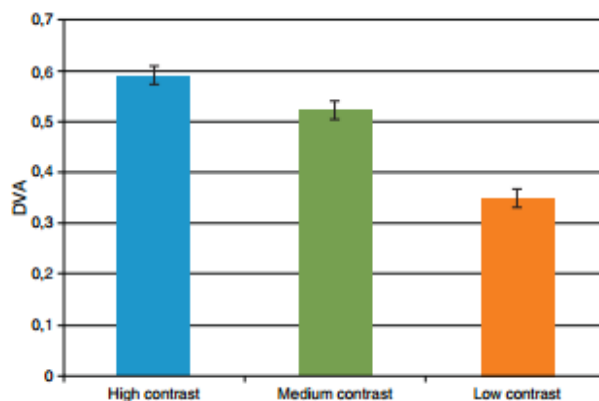


5 pav. Palomar universiteto optotipai, 3 kontrastų (juodas, pilkas ir šviesiai pilkas, ekvivalentas atitinkamai nuo 0,997, 0,54 ir 0,13). (Duomenų šaltinis: Al-Awar Smither J., Kenedy RS., 2010).

Visi dalyviai sėdėjo 2 m nuo ekrano ir valdė klaviatūrą dominuojančia ranka. Kiekvienas dalyvis susipažino su užduotimi, kuri susidėjo iš 10 bandymų. Kur stimulus ekrane atsitiktinai pasirodydavo vis kitu kontrastu, trajektorija ar greičiu. Nė vienas iš dalyvių nebuvo pašalintas bandymo metu, dėl nesugebėjimo atlikti užduoties.

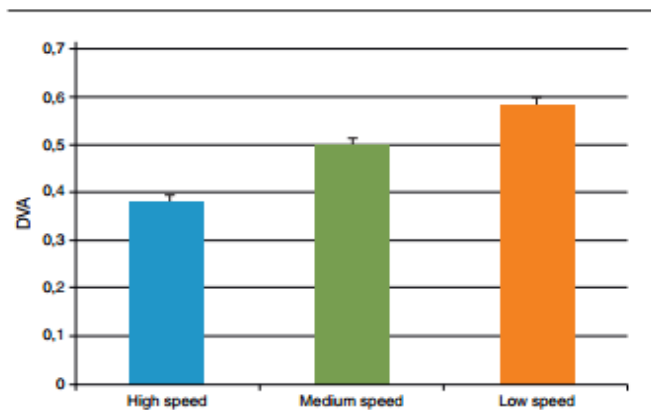
Bandymui prasidėjus ir egzaminuotojui davus komandą, monitoriaus ekrane pradėdavo judėti stimulus (ryškus, vidutinio ryškumo ir blankus) atitinkamu greičiu (lėtai, vidutiniškai ir labai greitai) viena iš pasirinktų trajektorijų (vertikaliai, horizontaliai ir įstrižai). Iš pradžių buvo pasirinktas mažiausias stimulo kampinis greitis, kuris palaipsniui buvo didinamas po 1 pikselį kas 2,3 s. Kai stimulus pasiekdavo ekrano kraštą, jis pakeisdavo trajektoriją. Stebėtojas nuspaudžia atitinkamą klavišą, kai tik gali atskirti, kurioje vietoje optotipe yra spraga. Serija bandymų pasibaigia tada, kai gaunami 10 iš 13 teisingų atsakymų. Visi dalyviai baigė seriją bandymų neviršiję šio limito. DRA gautas eksperimento metu, išreiškiamas dešimtainiais vienetais.

Kaip minėta anksčiau, eksperimentas atliktas 3 skirtingais greičiais (14.1, 8.58, ir 1.14°/s) ir 3 atsitiktinėmis trajektorijomis (horizontalia ir įstriža 45° ir 135°), bei baltame ekrano fone pasirinkti 3 skirtingi kontrastai (juodas, pilkas ir šviesiai pilkas, ekvivalentas atitinkamai 0.997, 0.54 ir 0.13). Rezultatai pirmiausia atskleidė sąveiką tarp kontrasto ir greičio, taip pat greitis įtakojo kontrasto lygį ir DRA balus. DRA buvo geriausias esant maksimaliam kontrastui (DRA=0.588; SD=0.016) ir pradėjo mažėti esant vidutiniam (DRA=0.521; SD=0.017) ir prasčiausi rezultatai buvo prie žemo kontrasto (DRA=0.348; SD=0.012). Rezultatai parodyti 6 paveiksle.

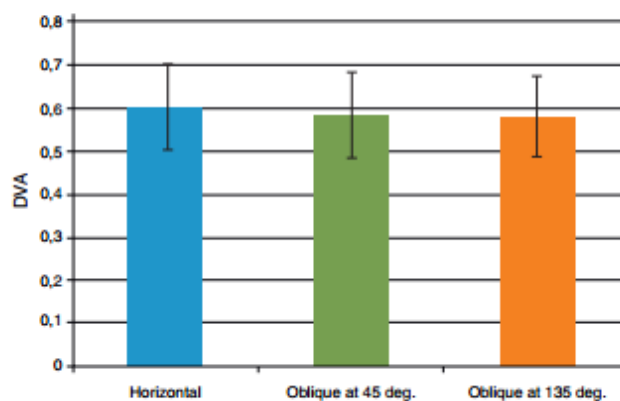


6 pav. DRA reikšmių vidurkis, kai stimulo kontrastas (aukšto kontrasto – 0.997, vidutinio – 0.54, žemo – 0.13). Paklaidų ribos (SD- standartinis nuokrypis).

Panašiai vyksta atvirkštinis ryšys tarp DRA ir greičio; žemiausi DRA balai prie didžiausio greičio (DRA=0.377; SD=0.015) ir geriausi rezultatai, esant mažam greičiui (DRA=0.584; SD=0.017) (7pav.). Ir galiausiai DRA buvo geresnis horizontalioje (DRA=0.603; SD=0.1) trajektorijoje nei įstrižoje (DRA=0.582; SD=0.098 ir DRA=0.579; SD=0.094) (8pav.)



7 pav. DRA reikšmės vidurkis, kai stimulus judėjo 3 skirtingais greičiais (aukščiausias: $14.1^{\circ}/s$; vidutinis: $8.58^{\circ}/s$; žemas: $1.14^{\circ}/s$).



8 pav. DRA vidurkis, stimulus judėjo 3 skirtingom trajektorijom.

2 bandymas

Eksperimento patikimumas remiasi tiksliais ir nuosekliais matavimais, ir tiek kiek matavimus galima pakartoti, atkūrus tas pačias sąlygas. Labai svarbu, kad dalyviai gautų susipažinti su įranga ir pačia procedūra, bet nespėtų išmokti. Testo kartojimas buvo atliktas po 2 savaičių.

Dalyviai ir instrumentuotė, aprašyti pirmame eksperimente, pasirinkti atsitiktine tvarka.

Priverstinis pasirinkimas iš 8 alternatyvų (8 Palomos optotipo pozicijos), buvo įgyvendintas naudojant anksčiau minėtą psichofizinį metodą. Parinkti 2 atsitiktiniai greičiai ($14.1^{\circ}/s$ ir $1.14^{\circ}/s$). Ekrane stimulus paleidžiamas horizontalia trajektorija, ryškumas maksimalus (0.997). Stebėtojai apie jų rezultatus, tyrimo metu, nebuvo informuojami.

Laiko nuoseklumas buvo vertinamas Pirsono koreliacijos koeficientu. DRA rezultatai nagrinėti su DinVA 3.0 programine įranga, parodė gerus rezultatus laiko atžvilgiu.

Šis tyrimas susideda iš 2 skirtingų, nors vienas kitą papildančių, eksperimentų, skirtų įvertinti bandymų ir kompiuterinės įrangos, DRA tirti, pagrįstumą. Reikia pažymėti, kad gautos išvados ir pateiktos literatūroje, nurodo aparatūros, matavimo įrangos, dalyvių charakteristikos, psichofizinių metodų taikytinų tiriamiesiems subjektams, platų panaudojimo diapozoną. Standartizuotų testų ar procedūrų, DRA matavimo standarto poreikis yra akivaizdus.

Pirmasis eksperimentas aprašo, kad DinVA 3.0 programinė įranga yra veiksminga priemonė DRA tirti ir evoliucionuoti, gauti rezultatai yra nuoseklūs ir remiasi struktūriškai pagrįstais testais. Pagal ankstesnių tyrėjų (Ludvig E. ir Miller J.) tyrimų rezultatus, padidėjęs objekto kontrastas, pagerino DRA balus, ir priešingas efektas gavosi padidinus objekto greitį. Taip pat DRA balai koregavosi, kai keitėsi kontrastas tarp stimulo ir ekrano fono. Šį santykį aprašė B. Brown, G.M. Long ir P. Garvey, tyrę platų greičio ir kontrasto diapozoną. Kiti autoriai (J.Demer, F. Amjadi) dokumentavo regėjimo aštrumo nuosmukį didinant vertikalių optotipų judėjimo greitį (maždaug $20/200$ kas $100^{\circ}/s$). Sumažėjęs kontrastas mažai teturėjo įtakos akių judesiams (tai vienas iš dviejų faktorių, kuris kartu su statiniu regos aštrumu, turi įtakos DRA), kai objekto greitis buvo žemesnis nei $50^{\circ}/s$, išskyrus, kai kontrastas buvo mažesnis 23%. Be to, DRA balai buvo pranašesni horizontalioje trajektorijoje, nei įstrižoje. Šį pastebėjimą dar 1950 m. Gessell A. aprašė straipsnyje, kur nurodoma, kad sekti daiktą, kuris juda įstrižai yra sudėtingiau nei horizontalia trajektorija, nes tam įtakos turi smegenų žievės darbas.

Antrojo eksperimento rezultatai „apgynė“ programinės įrangos DinVA 3.0 laiko nuoseklumo įtaką DRA. Tarp matavimo intervalų, statistiškai reikšmingų skirtumų neaptikta, nors tam tikra tendencija kad gerėja DRA balai, pastebėta, tačiau čia nedidelę įtaką galėjo turėti išmokymo poveikis ar paprasčiausia nesėkmė. Ši išdava yra svarbi, nes pasak Longo ir Riggso, tinkamai treniruojantis galima pagerinti dinaminį regos aštrumą (Long G., 1991). Atsižvelgiant į šį pastebėjimą, ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas pradinio protokolo tobulinimui, kaip patarė ankstesni tyrėjai (pvz. padidinti bandymų kiekį, labiau susipažinti su eksperimento esme).

Nepaisant akivaizdaus šio prietaiso pranašumo, matavimo įranga turi trūkumų. Daugiausia jų kyla dėl programinės įrangos ir aparatūros konfigūracijos, kuri neleidžia pasiekti aukščiausią

stimulo greitį, o tai leistų pasiekti tikslesnių rezultatų. Šie apribojimai trukdo DinVA 3.0 programinės įrangos ekstrapoliacijai moderniuose plokščiakraniuose, nešiojamuose kompiuteriuose ir kituose rankiniuose prietaisuose.

Vis dėlto DinVA 3.0 programinė įranga gali būti laikoma patikimu ir objektyviu įrankiu DRA matavimui. Ypatinga konfigūracija ir universalumas leidžia vystyti DRA įvairiuose eksperimentuose ir klinikiniuose tyrimuose, taip pat galimybę išmokti šios regos funkcijos. Atsižvelgiant į tai, kad trūksta specifinių, patikimų instrumentų DRA matavimui, tikslas buvo supažindinti ir pateikti gydytojams ir mokslininkams įrankį, kurį būtų galima naudoti kasdieninio gyvenimo kontekste, kaip sporto evoliucionavimui, vairavimo kompetencijos įvertinimui, saugiam vairavimui, skirtingų rizikos grupių (katarakta, glaukoma, retinopatija, silpnaregystė ir t.t.) tyrimui.

Dinaminis regos aštrumas tyrinėjamas jau seniai, atlikta daug tyrimų, sukurta metodų, bet visi jie reikalauja didelio išmanymo, užima daug vietos. Amerikoje pagal Nacionalinės mokslų akademijos (The National academy of sciences) rekomendacijas sukurta greita ir visiškai kompiuterizuota DRA nustatymui skirta programinė įranga DVA-MEDI-07.

DVA-MEDI-07 ypatybės:

- Greita (apie 5 min) ir objektyvi;
- Galima atlikti savarankiškai;
- Momentinis grįžtamasis įvertinimas;
- Moksliškai pagrįsta;
- Visiškai kompiuterizuota;
- Yra multimedia;
- Anglų ir užsienio kalbos;
- Lengvai eksportuojami standartizuoti duomenys;
- Yra lietimui jautrus ekranas;
- Naudingas visom amžiaus grupėm ir kultūrom;
- Sukurta pagal Nacionalinės mokslų akademijos rekomendacijas
- Optimizuotas valdymas;
- Integruoti atstumai: tolio, arčio, taip atskirai kairei ir dešinei akiai, bei tirti binokuliariai;
- Naktinio DRA alternatyva.

Ja gali naudotis ligoninės, klinikos, reabilitacijos centrai bei vyriausybės įstaigos. Tai greitas, jautrus ir visiškai automatizuotas DRA patikrinimo testas. Įranga nustato momentinius

rezultatus ir juos parodo ekrane, nereikia sudėtingos techninės įrangos, visa tai galima atlikti savo kompiuteryje (Medical dynamic visual acuity test software Model DVA-MEDI-07).

2.4. DRA priklausomybė nuo optotipo judėjimo ir galvos judesių

Kitas tyrimas publikuotas 1991 m., jo tikslas buvo išanalizuoti vertikalų galvos judesių poveikį dinaminiam regos aštrumui jauniems, „normaliems“ silpnaregiams dėvint teleskopinius akinius ir ištirti vaizdų greitį tinklainėje. Buvo pamatuotas statinis regos aštrumas, ir dinaminis regos aštrumas naudojant vertikaliai ar sinusoide judančius optotipus, arba sukant kėdę ant kurios subjektas sėdi. Tyrimo metu DRA buvo matuojamas naudojant teleskopinius akinius (parametrai 1.9X, 4X, IR 6X). Vertikalūs akių judesiai buvo registruojami naudojant magnetinę paieškos ritę. Gauti rezultatai patvirtino, kad regos aštrumas tinklainėje prastėja, kai judesys vyksta vertikaliai. Šito pasekoje rega silpsta, nes tinklainėje fiksuojamas galimai klaidingas vaizdas (dėvint teleskopinius akinius)(Demer J. L., Amjadi F. 1992).

DRA tai toks regos aštrumas, kuris gaunamas stebint optotipus santykinio judėjimo metu. Jau senai žinoma, kad judesys mažina DRA, lyginant su statine regos verte. Klasikiniai tyrimai, kurie buvo atliekami su judančiais optotipais, parodė, kad DRA mažėja priklausomai nuo to horizontaliai ar vertikaliai optotipas juda (Ludwigh E. 1958).

B. Brown, N. Barmack ir V. Reading pamatavo sinchroniškus, horizontalius akių judesius, testuojant DRA judančiais optotipais (B. Brown ir kt. 1972). B. Murphy tyrė horizontalius akių judesius ir kontrasto slenksčius kvadratinėse aikštelėse, judančius didesniu nei 7°/s greičiu. Iš čia išvada, kad regos aštrumas savaime nemažėja, tai lemia greičio paklaidos (B. Murphy 1978). Ankstesniuose tyrimuose niekas nematavo akių judesių, tam kad ištirti vaizdų judėjimą tinklainėje. Faktiškai, DRA taikomas vestibulinio aparato sukeltiems akių judesiams stabilizuoti ir yra neatsiejamas indikatorius veiksmingam tyrimui. Tokie tyrimai akcentuoja DRA svarbą, nes jis padeda mums orientuotis aplinkoje. Net tada, kai stengiamasi stovėti ramiai, žmonės pasižymi nevalingais galvos judesiais (vertikaliais, išilginiais ir sukamaisiais). Galvos ir kaklo mechanizmas taip „sutvarkytas“, kad išilginiai galvos judesiai yra dažnesni ir greitesni, nei kiti du. Tai reiškia, kad vertikalus savaiminis galvos judesys, yra svarbi regėjimo sistemos dalis (Demer J. 1991).

Vienas svarbiausių refleksų yra vestibulinis - regos refleksas VRR (angl. VOR), kuris pasitelkus kitus mechanizmus, produkuoja matymo vestibulinį - akių refleksą MVAR (angl. VVOR). Šie akių judesiai nusako greičio santykį tarp akių ir galvos, kai jis lygus 1.0, vaizdas

tinklainėje neužvėluoja. Tyrimo metu, paaiškėjo, kad galima paklaida apie 1-2%. Dėl šios paklaidos, net visiškai sveikiems subjektams, MVAR gali būti ne normoje (Benson A. 1978).

Tiriamiesiems, turintiems regos sutrikimų, buvo naudojami teleskopiniai akiniai. Pritvirtinti prie galvos, šie akiniai padidina galvos judesių efektą. Jeigu matymo vestibularinis - akių refleksas nepakankamas, vaizdas tinklainėje gali užvėluoti net esant mažam ar vidutiniam galvos judesių greičiui. Tiriamiems silpnaregiams su teleskopiniais lęšiais (4X), DRA sumažėjimui įtakos turėjo fiziologinis galvos nestabilumas.

Teleskopinių akinių pagalba sukurtas nevalingų galvos judesių didinimas. Retrospektyvių tyrimų metu nustatyta 2 veiksnių kombinacija, kuri naudojant teleskopinius akinius silpnaregiams: pagerintų regos aštrumą ir stabilizuotų nevalingus galvos judesius horizontalia kryptimi. Šis atradimas pagrįstas praktiškai. Tačiau turimų duomenų apie DRA, naudojant teleskopinius akinius, neužtenka. Visi tyrinėjamai buvo atliekami horizontalia kryptimi judinant galvą, nors vertikalūs nustatomi sudėtingiau. Anksčiau tyrę galvos judesius su teleskopiniais akiniais, nesiejo DRA su akių judesiais ar užvėluotu vaizdu tinklainėje, todėl buvo daroma prielaida, kad vaizdas tinklainėje vėluoja dėl judančių optotipų.

Net esami duomenys, DRA ir judantį vaizdą tinklainėje, sieja tik tuo atveju, kai bandyme tiriamas silpnaregis su teleskopiniais akiniais. Reading naudojo Landolto žiedus. Optotipai judėjo pastoviu greičiu, nuožulnia plokštuma trumpą laiką. Westheimer ir McKee naudojo judančius Vernerio ir Landolto žiedus tokį trumpą laiką, kad akis negalėjo jų užfiksuoti. Brown tyrimas buvo paprastas: užfiksuodavo akies judesį, kai ši pamatydavo 1 Landolto žiedo optotipą (Brown B. 1972). Murphy naudojo kintamo kontrasto groteles, kurios judėjo pastoviu greičiu, besikeičiančia kryptimi (Murphy B. 1978). Sutrikusio regėjimo pacientai nuolat naudojantys akinius, susiduria su tinklainėje judančiu vaizdu, kuris atsiranda dėl įvairių priežasčių, tokių kaip drebulys, širdies permušimai, aplinkos turbulencija ar nevalingai pasikartojantys galvos judesiai (Demer J. 1991). Tokiems tiriamiesiems stebėjimo trukmė nebuvo ribojama. Buvo naudojamos abėcėlės raidės, Landolto optotipai, kurie paprastai naudojami klinikinio patikrinimo metu ir atitinka funkcinio skaitymo sąlygas. Tačiau Landolto optotipai klinikiniam naudojimui turi trūkumų. Šiai dienai, tiek emetropams tiek silpnaregiams DRA matuojamas pateikus raidžių ar optotipų eilutes periodiškai judinant galvą horizontaliai ar sinusoidė (Demer J. 1991). Ankstesniuose tyrimuose DRA su teleskopiniais akiniais tirdavo taip: sinusoidiškai judinant galvą, galėjo būti panaudota akių motorinių strategijų įvairovė, tam kad būtų galima išvengti tinklainės atvaizdo „slydimo“. Tokios strategijos gali apimti žiūrėjimą, į nedidelio dažnio blyksėjimą, pvz. taip kaip fovealinė strategija ligoniams su įgimtu nistagmu. Praktinės aplinkybės lemia, kad kuo labiau teleskopiniai akiniai

didina, tuo labiau mažėja matymo laukas. Tai reiškia, kad akių judesio strategija gali skirtis priklausomai nuo akinių stiprumo, kuris gali įtakoti tinklainės atvaizdo stabilumą ir DRA, kai judinama galva. Todėl tikrasis tinklainės atvaizdo pasislinkimas negali būti patikimai nustatytas, nesant akies ir galvos judesių išmatavimų žiūrėjimo procese.

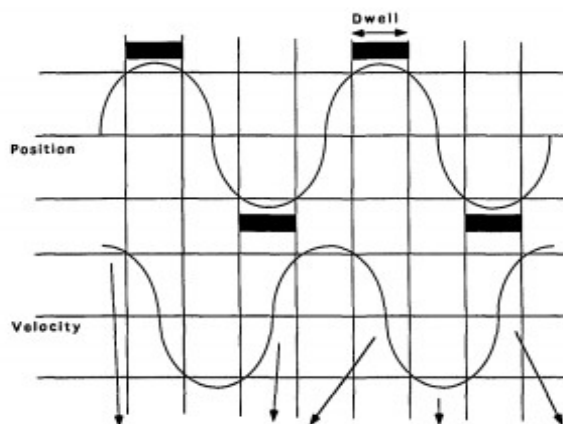
Šio tyrimo tikslas aprašyti vertikalių galvos judesių, su skirtingu teleskopinių akinių stiprumu, įtaką DRA, jauniems silpnaregiams. Palyginimui buvo paimti ankstesni tyrimai. Tai yra pasirinktas DRA tyrimas su teleskopiniais akiniais, judinant galvą vertikaliai, naudojant optotipus ir sinusoide judančius signalus. Dar vienas tyrimo tikslas buvo susieti DRA judinant galvą su teleskopiniais akiniais ir faktinį tinklainės pasislinkimą, taip pat greičio paklaidos įtaką tinklainės vaizdai ir palyginti gautus duomenis su pateikiamais literatūroje. Kad būtų lengviau palyginti su ankstesniais, pakartotiniai DRA tyrimai buvo atliekami panašiomis sąlygomis, su tais pačiais tiriamaisiais, judinant vertikaliai optotipus, kai galva stacionari. Šiuo tyrimu buvo siekiama pateikti normatyvinius duomenis, kad vėliau būtų galima įvertinti visuomenės senėjimo, regėjimo sutrikimų ir neurologinių ligų įtaką.

Metodas ir priemonės

Bandyme dalyvavo 13 jaunų žmonių (vyrai ir moterys), kurių amžiaus vidurkis 30 metų, ir kuriems regos korekcija monokuliniam matymui buvo lygi 1.0.

Regos aštrumas buvo matuojamas naudojant Sloan raides, kurių ryškumas 98%, o apšvietimo lygis apie 100fL. Jos buvo suprojektuotos juodame fone, ant matinio balto ekrano (2.4 m²), kuris buvo pastatytas 3 m nuo stebėtojo akių. Kambarys buvo aklinai užtamsintas. Kiekvienos eilutės turinys buvo išdėliotas pagal sudėtingumą. Projektorius buvo kontroliuojamas kompiuterio, tam, kad pateikiant raides būtų išvengta jų sekos įsiminimo. Optotipų dydis (Sneleno) kito nuo 20/4 iki 20/1000. Sulig kiekvienu akies judesiu, subjektų atsakymai buvo užfiksuojami ir įrašomi. Regos aštrumas buvo apibrėžiamas, kai mažiausios raidės nuosekliai buvo išvardijamos. Jei eilutėje buvo padaroma klaida, riba nurodoma 0.05 log vienetu didesnė, nei visų teisingai toje eilutėje atsakytų raidžių. Šiame eksperimente judinama galva, o optotipas juda sinusoide. Kiekviename cikle, centruose, kuriuose būna mažiausias greitis, kas kiekvieną pusę ciklo 50 proc. optotipų išnyksta (t. y. nustoja judėti) (9 pav.)

Tiriamieji eksperimento metu sėdėjo ant, pagal užsakymą pagamintų, įtaisų, kurie sukosi ir lankstėsi apie savo ašį. Jų galvos, kūnai ir kojos buvo pritvirtinti diržais. Sukamasis mechanizmas buvo kontroliuojamas kompiuterine programa. Leidžiamas didžiausias kūno ir galvos sinusoidinis sukimasis 40°/s.



9 pav. Optotipų judėjimo schema.

Regos aštrumas, kai optotipas judėjo, buvo matuojamas monokuliariai: emetropams be optinių prietaisų, o ametropams su akiniais ar kontaktiniais lęšiais. Kiekviena optotipų eilė rodoma 16 s, bet sinusoide judančio optotipo dažnis ir greitis keičiamas sistemiškai (10 pav.). Kiekvienu atveju matymas buvo ribojamas laipsniškai besikeičiančio greičio (didėjančio ar mažėjančio), kas pusę kiekvieno sinusoidės ciklo, iki visiško išnykimo esant 180° .

<i>Frequency (Hz)</i>	<i>Peak Velocity (deg/sec)</i>
0.25	7.5
0.5	15
1.0	30
1.5	45
2.0	60
2.5	75
3.33	100

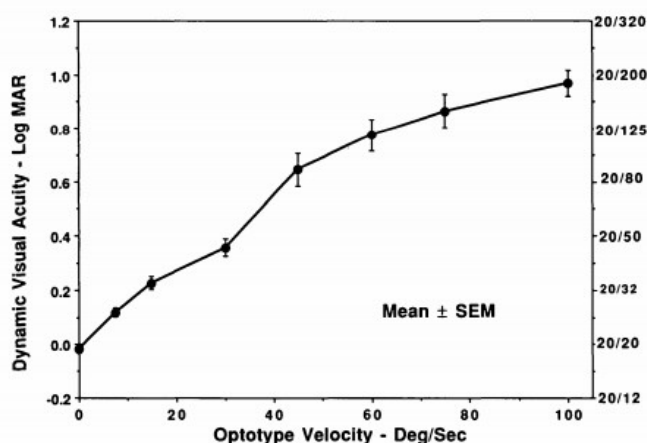
10 pav. Optotipų judėjimo charakteristika.

Dešinėsios akies aštrumas, judinant galvą, buvo matuojamas parinkus skirtingų stiprumų teleskopinius lęšius. Teleskopinių akinių periferinis lauko vaizdas buvo užmaskuotas kaip ir ankstesniuose tyrinėjimuose (Demer J. 1991). Lauko diametras pakankamo dydžio, kad talpintų judantį stimulą.

Pasirinktuose eksperimentuose vertikali akies padėtis buvo matuojama naudojant magnetinę paieškos ritę.

Rezultatai.

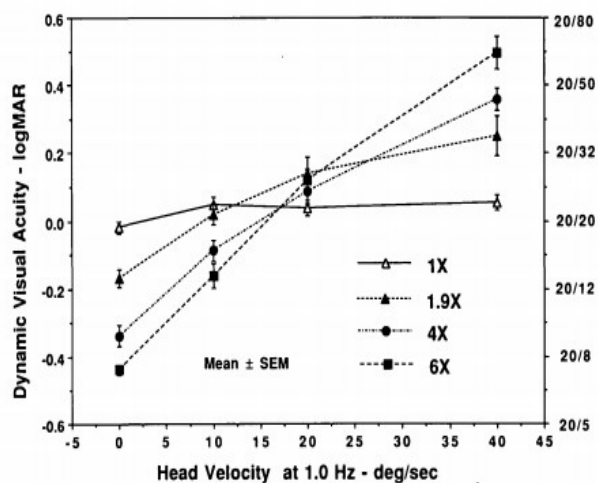
DRA buvo pamatuotas 13 tiriamųjų optotipams judant kaip pateikta (10 pav.). Gauti duomenys ir nubrėžtas grafikas (DRA priklausomybė nuo optotipo greičio)(11 pav.). Kai optotipas nejuda, vadinasi statinis regos aštrumas (angl. SVA) yra apie 0 logMAR (20/20), o kai buvo didinamas optotipo greitis, aštrumas laipsniškai mažėjo. Kai optotipas pasiekė 100°/sec, santykis tarp dinaminio ir statinio regos aštrumo sumažėjo iki logaritminio vieneto (20/200). Esant tokiam optotipo greičiui individų aštrumas kito nuo 0.65 – 1.15 log MAR (~20/90 – 20/280). Vadinasi kiekvieno tiriamojo DRA jautrumas skirtingai reaguoja į optotipo judesius.



11 pav. 13 tiriamųjų DRA, kai optotipas judėjo sinusoide. Absisių ašyje pavaizduotas didžiausias sinusoidinis optotipo greitis.

Galvos judesiai.

Tiems patiems 13 tiriamųjų buvo pamatuotas DRA, kai sinusoidinio apsisukimo dažnis 1Hz vertikalioje plokštumoje. Maksimalus greitis kito nuo 0°/s iki 40°/s, ir optotipai blykčiojo, kas kiekvieną pusę sinusoidės ciklo, intervalo centre pasiekdavo 0. Šito galvos judesio efektas su teleskopiniais akiniais pavaizduotas (12 pav.).



12 pav. 13 tiriamųjų DRA sinusoide judinant galvą 1Hz dažniu, kai naudojami teleskopiniai akiniai.

Šio tyrimo duomenys atskleidė ryšį tarp vertikalaus judesio ir dinaminio regos aštrumo. DRA buvo pasiūlytas kaip lemiamas veiksnys norint atlikti įvairias gyvenimiškas užduotis. Pastebėta, kad tarp pagyvenusių silpnaregių, DRA ypatingą svarbą turi vairuojant transporto priemonės (Retchin S. 1988), ir žymiai svarbesnis tarp jaunų atletų nei tarp jų nesportuojančių bendraamžių (Rouse M. 1988). Nustatyta, kad DRA ir savaiminiai vertikalūs galvos judesiai gali padėti prognozuoti silpnaregių, kurie priversti nešioti akinius, reabilitacijos rezultatus. Amžiaus įtaka vertikalaus matymo vestibulariniam - akių refleksui MVAR (angl. VVOR) nėra žinoma. Žmonėms nešiojantiems akinius horizontalus MVAR žymiai mažėja su amžiumi (Demer J. 1991). Šie duomenys susiejo vaizdo stebėjimą ir akių judesius su DRA, tinklainės vaizdo užvėlavimo mechanizmu. Tai rodo, kad vertikalų akių judesių refleksas gali turėti nemažą funkcinę reikšmę mūsų kasdieniame gyvenime. Šią prielaidą būtų galima išmėginti ateityje, DRA ir tinklainės slinkties tyrinėjimuose, pavyzdžiui su pagyvenusiais ir silpnaregiais, nes jie gyvenime susiduria su didesniais sunkumais.

Dinaminio regos aštrumo tyrimai taip pat plačiai naudojami vestibuliarinio aparato funkcijų sutrikimams tirti. 1998 m. atliktas kompiuterizuotas dinaminio regos aštrumo tyrimas, skirtas nustatyti vestibuliarinio aparato funkcijų sutrikimus. Buvo ištirti 42 sveiki žmonės, kurių amžius nuo 19 – 87 metų. 29 pacientams nustatytas vienaspusis vestibuliarinio aparato sutrikimas, 26 pacientams, nustatyta abipusė vestibuliarinio aparato hipofunkcija.

Atliktas specifinis kompiuterinis testas: judinant tiriamojo galvą, emetropams ir turintiems sutrikimų pacientams pamatuojamas regėjimo aštrumas. DRA testo rezultatai buvo panašūs tiek sveikiems tiramiesiems (koreliacijos koeficientas ICC $r=0,87$), tiek turintiems sutrikimų (ICC $r=0,83$). Jautrumas DRA testo sveikiems žmonėms 94,5%, o turintiems vestibuliarinį sutrikimą - 95,2%. Teigiama prognostinė vertė 96,3% t. y. tyrimo testas teigiamas – nors pacientas turėjo vestibuliarinį sutrikimą. Nors ir neturėjo vestibuliarinio deficito, testą atliko neigiamai (93%). Šio tyrimo išvados: kompiuterinis DRA testas yra patikimas ir juo galima tirti tiek sveikus žmones, tiek asmenis turinčius vestibuliarinio aparato sutrikimų (Herdman, 1998).

3. DINAMINIO REGOS AŠTRUMO TYRIMAS: REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

3.1 . Interviu

Interviu metu, buvo pasirinkta tikslinė apklausiamųjų žmonių grupė: Lietuvos optikų darbuotojai, gydytojai, vairuotojų kursų instruktoriai (Mažeikiai). Iš viso 38 žmonės. Interviu vyko telefonu ir žodžiu. Buvo pateikti keli paprasti klausimai:

1. Ar esate kada girdėję dinaminio regos aštrumo sąvoką?
2. Ar žinote kas yra dinaminis regos aštrumas?
3. Ar norėtumėte sužinoti?
4. Optikų, poliklinikų darbuotojų, gydytojų buvo klausiama: ar atliekamas DRA tyrimas jų darbe?
5. Vairuotojų klausiama: ar Jums buvo matuojamas dinaminis regos aštrumas?

1 lentelė

Apklaustųjų atsakymai

Klausimai	Taip	Ne
Ar esate girdėję apie DRA?	12	26
Ar žinote kas yra DRA?	3	35
Ar norėtumėte sužinoti?	38	-
Ar atliekamas DRA tyrimas?	-	38
Ar buvo matuojamas DRA?	-	38

Į pirmą klausimą 12 respondentų atsakė taip, visi kiti apie DRA nieko nežinojo. Į klausimą kas yra tas dinaminis regos aštrumas, teigiamai atsakė tik 3, visi kiti apklaustieji atsakė neigiamai. Tačiau paprašius paaiškinti kas tai: gydytojai manė, kad tai yra regos aštrumo kitimas, priklausomas nuo kokios tai priežasties; optikos darbuotojai sureagavo į žodžių junginį „regos aštrumas“, bet paaiškinti kas tai negalėjo. Apie dinaminį regos aštrumą norėjo sužinoti visi, kai trumpai buvo papasakota, kokia tai aktuali tema mūsų kasdieniame gyvenime: kad egzistuoja ryšys tarp dinaminio regos aštrumo ir vairavimo, sportinės veiklos taip pat policijos bei karinės veiklos, aviacijos ir kitų gyvenimiškų situacijų.

Visos regėjimo funkcijos yra svarbios norintiems gauti vairuotojo pažymėjimus. Kandidatai yra patikrinami gydytojo oftalmologo. Patikrinimo metu dėmesys kreipiamas ypač į regėjimo aštrumą, regėjimo lauką, regėjimą prieblandoje bei progresuojančias akių ligas. Nors studijos rodo, kad avarių rizikai ypatingai reikšminga yra akių judesiai, erdvinis matymas bei dinaminis regos aštrumas, Lietuvos optikos salonuose, poliklinikose DRA nematuojamas. Nors visame pasaulyje tai pakankamai plačiai tiriama regos sritis.

3.2 Eksperimentinis tyrimas

Tyrimo tikslas: ištirti statinį ir dinaminį regos aštrumą.

Tyrimo priemonės: optotipų lentelė, projektorius, metronomas.

Tyrimo metodika

DRA tyrimas buvo atliekamas Mažeikių mieste, Žemaitijos optikos salone.

Tiriamieji. Tyrime savanoriškai dalyvavo 15 žmonių. Tai buvo 10 optikos klientų ir 5 krepšinio komandos žaidėjai. Tyrimo dalyviai buvo suskirstyti į 3 grupes: 5 vairuotojai, 5 nevairuojantys (moterys), 5 krepšinio žaidėjai.

Pirmiausia tiriamųjų buvo paprašyta atsakyti į keletą nesudėtingų klausimų. Buvo klausama apie tiriamųjų amžių, kaip mato, pomėgiai priklausantys nuo regos (sportas, vairavimas), ar žino kas yra dinaminis regos aštrumas, ar jiems buvo kada nors matuojamas DRA ir ar norėtų sužinoti kas yra DRA.

Tyrimui buvo atrinkti puikiai matantys (statinis regos aštrumas 1.0) respondentai, arba tie, kurių koreguota rega ne daugiau kaip 3.0 D.

2 lentelė

Dalyvių pasiskirstymą pagal amžių, lytį

Amžius, lytis	18 - 30	30 - 40	40 - 60
Vyrai	6	1	1
Moterys	1	3	3

3 lentelė

Tikslinis dalyvių pasiskirstymas

Amžius, tikslinis paskirstymas	18- 30	30 - 40	40 - 60
Sportininkai	5	-	-
Vairuotojai	2	2	1
Nevairuojantys	-	2	3

Visiems tyrimo dalyviams buvo duoti šie bendro pobūdžio nurodymai:

Pirmiausia tiriamajam paaiškinama koks šio tyrimo tikslas, kas bus sužinota ištyrus visus žmones, tiriamojo paklausiama ar jis norės sužinoti tyrimo rezultatus.

Tiriamasis supažindinamas su tyrimo eiga, ką jam reikės daryti.

Tyrimo eiga:

Tiriamasis pasodinamas į kėdę.

Visų pirma pamatuojamas statinis regos aštrumas (išvardijami optotipai, kurią eilutę mato pilnai).

Po to, daroma trumpa pertrauka, kad tiriamasis neįsimintų raidžių.

Tada matuojamas dinaminis regos aštrumas. Tiriamojo galvą, testuojantis žmogus, abiem delnais judina horizontaliai, nedidele amplitudė 5° – 10° . Tiriamasis vėl turi išvardyti gerai matomus optotipus. Kad galvos judesiai būtų sinchroniški, naudojamas metronomas.

Tyrimo eiga ir priemonė parodyta 13 ir 14 paveiksluose.



13 pav. Tyrimo eiga



14 pav. Tyrimo priemonė.

Vieno dalyvio tyrimas vyko apie 2 min. Nustačius statinį regos aštrumą, padaroma pertrauka, tada tikrinamas dinaminis regos aštrumas.

Atliekant tyrimą nebuvo laikomasi jokio eiliškumo t. y. nebuvo tiriama vien tik viena amžiaus grupė, ar vien tik sportininkai, vairuotojai.

3.3. Tyrimo rezultatai ir analizė

Tarp subjekto judėjimo ir vaizdinės informacijos, kurią mes privalome įsisąmoninti, yra glaudus ryšys. Jis reikalingas tam, kad galėtume sėkmingai atlikti įvairias gyvenimiškas užduotis: vairuoti automobilį ar kitas transporto priemones, padeda įvairiose profesijose tokiuose kaip policininkai, kariškiai, gaisrininkai ir t. t.

Pasitelkus reikiamą įrangą, šios regos funkcijos galima išmokti, tai praverstų pavyzdžiui saugiam vairavimui. Gydytojams ir mokslininkams tai įrankis, kurį būtų galima naudoti kasdienio gyvenimo kontekste: sporto evoliucionavimui, vairavimo kompetencijos įvertinimui, skirtingų rizikos grupių (katarakta, glaukoma, retinopatija, silpnaregystė ir t. t.) tyrimui (Quevedo L. ir kt., 2012).

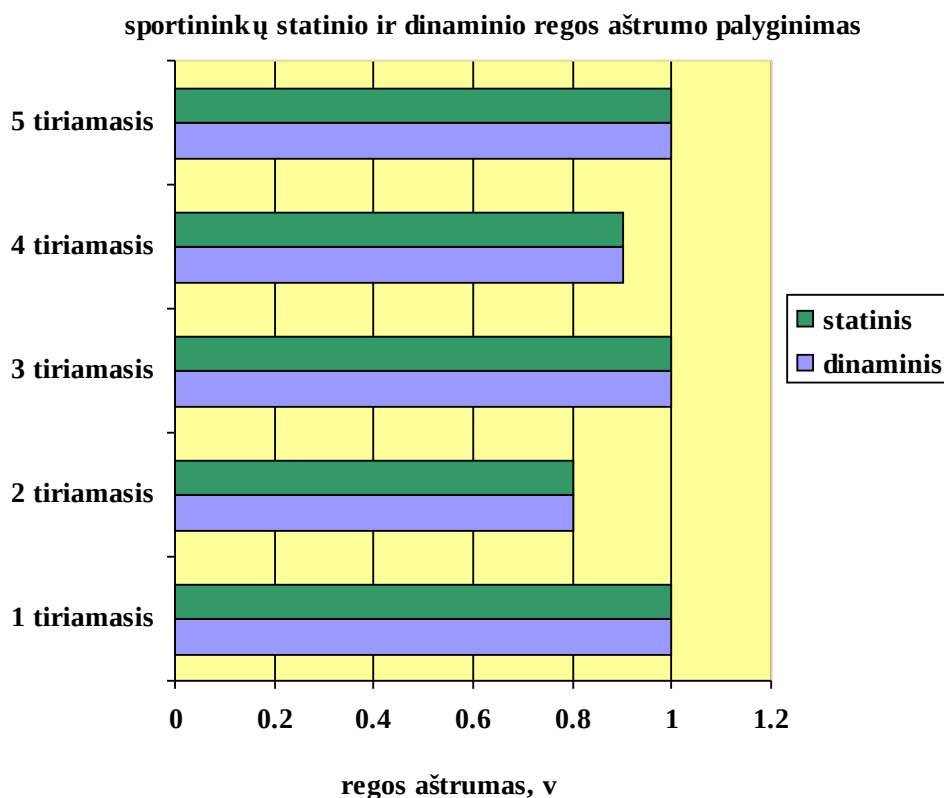
DRA tyrimai taip pat plačiai naudojami vestibuliarinio aparato funkcijų sutrikimams tirti. Šis eksperimentinis tyrimas iliustruoja, kaip gydytojas gali įtarti pacientą turint šį sutrikimą. Jei

judinant galvą tiriamasis mato 3 eilutėm mažiau, nei pamatavus statinį regos aštrumą, ko gero galima įtarti vienpusį vestibuliarinį nepakankamumą arba bilateralinį deficitą (<http://www.youtube.com/watch?v=doHHU30U0e>)E.

Toliau pateiksime eksperimento rezultatus.

15 paveiksle pateikta sportininkų 18 – 30 metų amžiaus grupės statinis – dinaminis regos aštrumas.

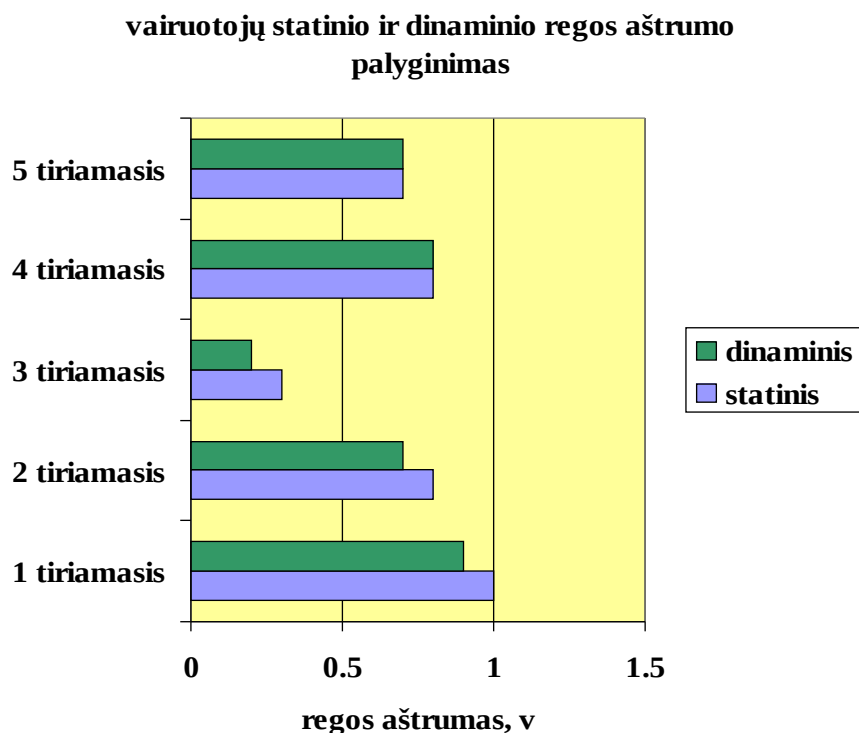
Iš 15 paveikslo matome, kad krepšinio žaidėjų DRA buvo nepriekaištingas t. y. statinis ir dinaminis regos aštrumai nesiskyrė, galvos judesiai jiems įtakos neturėjo. Tai galėjo įtakoti, kad šie jauni žmonės daug laiko praleido krepšinio aikštelėje, jiems labai greitai ir labai dažnai reikėjo matyti įvairiomis kryptimis, sekti kamuolį įvairiu kampu. Per daugelį metų jiems labai išlavėjo periferinis matymas.



15 pav. Sportininkų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas

16 paveiksle pateikti vairuotojų, kurių amžius svyruoja nuo 20 – 50 metų statinis ir dinaminis regos aštrumas. Iš grafiko matyti, kad vairuotojų grupėje DRA nuo statinio regos aštrumo

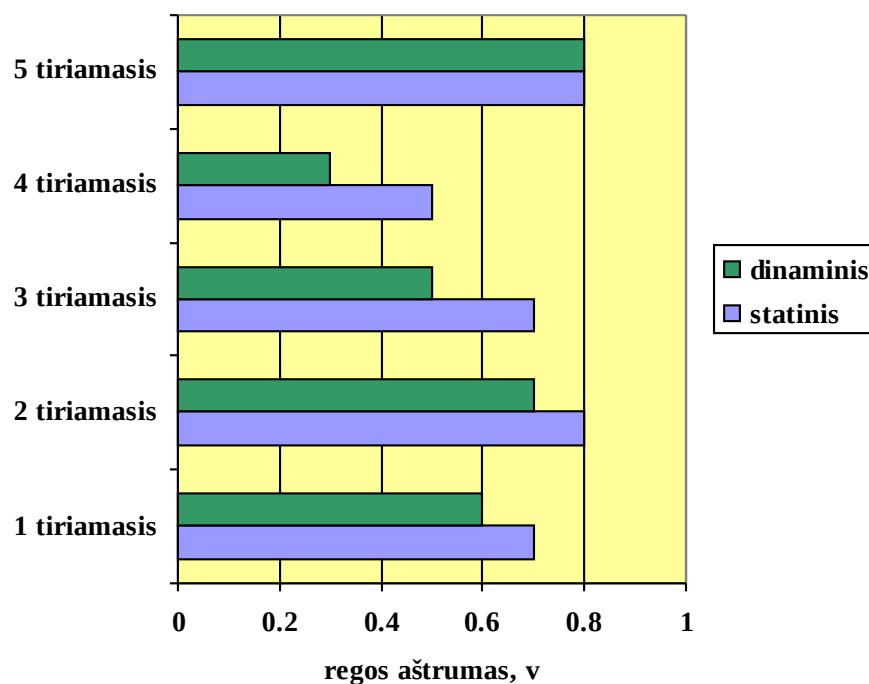
skyrėsi nedaug. Dviems vairuotojams statinis ir dinaminis regos aštrumas buvo identiški, trims skyrėsi tik per 1 eilutę. Identiški statinis ir dinaminis regos aštrumas buvo tiriamiesiems, kurių amžius buvo 26 ir 44 metai. Tačiau šie rezultatai neleidžia teigti, kad statinio ir dinaminio regos aštrumo skirtumas amžiaus atžvilgiu neturi įtakos. Reikėtų padaryti platesnius tyrimus, ištirti didesnę imtį, kad tai galėtume patvirtinti ar paneigti.



16 pav. Vairuotojų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas.

17 paveiksle pateikti nevairuojančių tiriamųjų statinis ir dinaminis regos aštrumas. Jų amžius svyruoja nuo 30 – 60 metų. Šiuo atveju visų tiriamųjų dinaminis ir statinis regos aštrumas skiriasi. Nevairuojančių grupėje DRA nuo statinio skyrėsi 1 – 2 eilutė. Tam įtakos galėjo turėti amžius, nejudrus gyvenimo būdas, įvairūs pakitimai akyse, kurių tiriamieji neįvardijo. Tačiau, šiuo atveju galėjo pasitvirtinti ir mokslininkų atliktų tyrimų rezultatų išvados, kad žmonėms senstant matymo vestibuliarinis refleksas (MVAR) silpsta (Demer J. 1991).

**nevairuojančių ir nesportuojančių statinio ir
dinaminio regos aštrumo palyginimas**

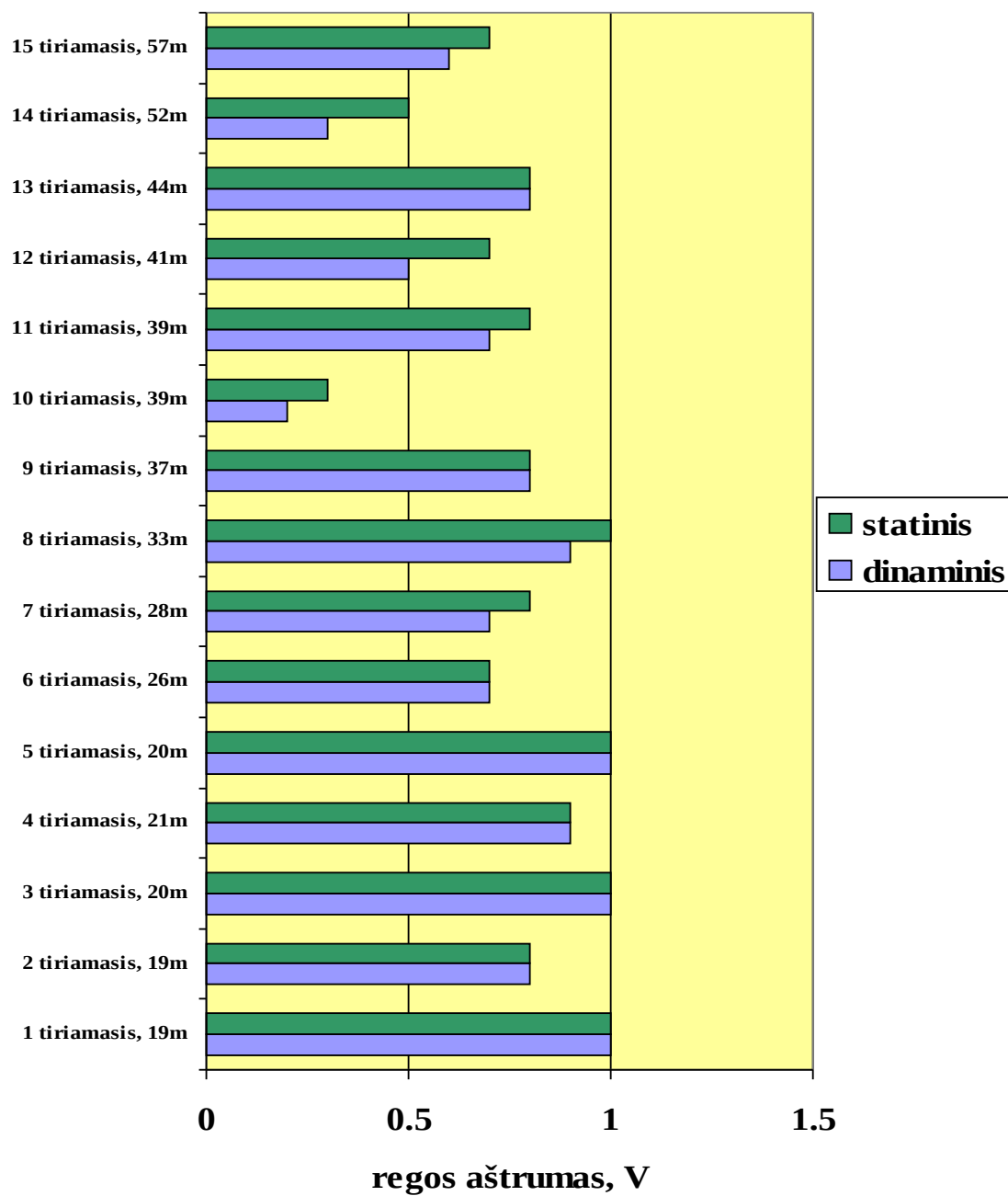


17 pav. Nevairuojančių tiriamųjų statinis ir dinaminis regos aštrumo palyginimas.

Kadangi šie rezultatai patikimų išvadų neleidžia daryti, sekančiame grafike pateiksime tiriamųjų pasiskirstymą pagal amžių duomenis.

Kaip matome iš grafiko (18 pav.) duomenų, beveik visų jaunesnių tiriamųjų statinio ir dinaminio regos aštrumo reikšmės vienodos. Vyresnių (33-49 m.) tiriamųjų statinio ir dinaminio regos aštrumo rezultatai nežymiai kito. Šių tiriamųjų statinio regos aštrumo rezultatai aukštesni nei dinaminio. Tačiau šie rezultatai neleidžia daryti kardinalios išvados, kad jaunesnių žmonių, nepriklausomai nuo jų gyvenimo būdo, darbo pobūdžio, statinis ir dinaminis regos aštrumai vienodi, o vyresnių žmonių amžius įtakoja statinio ir dinaminio regos aštrumo pokytį.

visų tiriamųjų statinis ir dinaminis regos aštrumas



18 pav. Visų tiriamųjų statinio ir dinaminio regos aštrumo palyginimas.

IŠVADOS

1. Išanalizavus regos sistemos funkcijas, negalima išskirti vienos svarbiausios, nes visos kartu padeda orientuotis mus supančiame pasaulyje, taip pat yra svarbus kriterijus vertinant tam tikrų ligų eigą bei gydymą:
 - regos aštrumas atspindi akies gebėjimą išskirti mažas detales;
 - spalvų joslės pagalba mes skiriame spalvas, atspalvius;
 - periferinis regėjimas padeda orientuotis erdvėje, išplečia akiratį;
 - šviesos jutimas padeda matyti įvairaus apšviestumo sąlygomis;
 - binokulinis matymas sustiprina objekto ryškumą ir sudaro galimybę tiksliau įvertinti erdvinį matavimą bei atstumą.
2. Nepaisant visų tyrimų, apibendrinant dinaminio regos aštrumo tyrimų evoliuciją, galima teigti, kad dar iškyla praktinių sunkumų tiriant DRA: dauguma tyrėjų mini standartizuotos įrangos trūkumą, ar procedūrų, kurios užtikrina išsamų šios regėjimo funkcijos įvertinimą.
3. Išanalizavus dinaminį regos aštrumą apibūdinančią literatūrą, galima padaryti išvadas, kad yra keletas faktorių, kurie įtakoja DRA: dinaminis regos aštrumas blogėja didėjant kampiniam greičiui; ilgesnio laiko išeiga veda prie aukštesnio lygio DRA; objekto rezultatai geresni horizontalioje nei įstrižoje trajektorijoje; rezultatai geresni padidinus kontrastą; ir DRA yra susijęs su tradiciniu statiniu regos aštrumu, nes geras statinis regos aštrumas yra būtina sąlyga geram DRA.
4. Eksperimentinio tyrimo rezultatai neleidžia daryti kardinalios išvados, kad jaunesnių žmonių, nepriklausomai nuo jų gyvenimo būdo, darbo pobūdžio statinis ir dinaminis regos aštrumai vienodi, o vyresnių žmonių amžius įtakoja statinio ir dinaminio regos aštrumo pokytį.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Andrijauskas A. Prisitaikymas prie ryškumo.
2. Bagdonas A. (1977). Sensorinės sistemos, II dalis - Vilnius: VU.
3. Benson A., Barnes G. (1978). Vision during angular oscillation: the dynamic interaction of visual and vestibular mechanisms.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
4. Blužienė A., V. Jašinskas (2005). Akių ligų vadovas.
5. Brown B. (1972). The effect of target contrast variation on dynamic visual acuity and eye movements.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
6. Coeckelbergh Tanja R. M., Wiebo H. Brouwer. ir kt. (2002). The effect of visual field defects on driving performance: a driving simulator study. [Žiūrėta 2012 12 20]. Prieiga per internetą:
<http://archophth.ama-assn.org/cgi/content/abstract/120/11/1509>
7. Daktaravičienė E., Juodkaitė G., Sukarevičius K. (1992). Akių ligos. Vilnius.
8. Demer J., Goldberg J., Porter F., Jenkins H., Schmidt K. (1991). Visual – vestibular interaction with telescopic spectacles.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
9. Demer J., Amjadi F. (1992). Dynamic visual acuity of normal subjects during vertical optotype and head motion.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
10. Demer J., Goldberg J., Porter F. (1991). Effect of telescopic spectacles on head stability in normal and low vision.
11. Golcevas G. (2010). Skaitmeninis vaizdų apdorojimas ir vizualinis suvokimas.
http://www.e-stud.vgtu.lt/users/files/dest/.../vaizdu_analizes_metodai_04.doc (06 03 2013)
12. Herdman, Susan J., Tusa, Ronald J. (1998). Computerized DVA test in the assesment of vestibular deficits. http://journals.lww.com/otology-neurotology/Abstract/1998/11000/Computerized_Dynamic_Visual_Acuity_Test_in_the.20.aspx (12 12 2012)

13. Liutkevičienė R., Šarkūnaitė Dž., Jasinskienė A. ir kt. Lietuvos bendrosios praktikos gydytojas, Nr. 06 (2011).
14. Ludvig E., Miller J. (1958). Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
15. Lococo K., Tyree R. Medication – related impaired driving. Medscape education pharmacists (2010).
16. Markevičiūtė I. (2010). Žmogaus regėjimo sistema.
http://www-stud.vgtu.lt/users/files/dest/.../vaizdu_analizes_metodai_04.Doc (12 03 2013).
17. Europos sąjungos oficialus leidinys 2005m.vasario 23d. III priedas Minimalios fizinės ir psichinės sveikatos normos, taikomos asmenims, vairuojantiems variklio varomą transporto priemonę.
18. Slade F. (1958). A preliminary study of dynamic visual acuity and its effects in motorist vision .
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1444-0938.1958.tb00341.x/abstract>. (11 02 2013).
19. J. Muniz. (2004). Test validation.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S188842961200057X>
20. G. Long, C. Riggs. (1991). Training effects on dynamic visual acuity with free-head viewing.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
21. Murphy B. (1978). Pattern thresholds for moving and stationary gratings during smooth eye movement .
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
22. Randall F. Fuerst, Gregorhttp A. Rossini (1995). Dynamic visual acuity training method and apparatus.
<http://www.google.lt/patentshl=lt&lr=&vid=USPAT5478239&id=0VUgAAAAEBAJ&oi=fnd&dq=dynamic+visual+acuity&printsec> (12 01 2013).
23. Elenos A. O'Rangers et. Al. Ocular changes after space travel. Medscape.com 1998.
24. Retchin S., Cox J., Fox M., Irvin L. (1988). Performance – based measurements among elderly drivers and nondrivers.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
25. Rouse M., DeLand P., Cristian R., Hawley J. (1988). A comparison study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes.
<http://www.iovs.org/content/34/6/1894.short>
26. <http://www.dynamicvisualacuity.com/DVAmedi07a.pdf> (02 02 2013).

27. Vaitkevičius P.H. (2002). Pojūčiai ir suvokimas: I dalis regimųjų vaizdų suvokimas. Vilnius VU.
28. Quevedo L., Aznar-Casanova J., Merindano-Encina D., Cardona G., Sole-Forto J. (2012). A novel computer software for the evaluation of dynamic visual acuity.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S188842961200057X>