

**VILNIAUS UNIVERSITETAS**  
**MEDICINOS FAKULTETAS**

Baigiamasis darbas

**Akių implantai: bioninės akys, lęšiukai, akių protezai. Literatūros apžvalga**

**Eye Implants: Bionic Eyes, Lenses and Prosthetic Eyes. Literature Review**

Studentė (vardas, pavardė), grupė: Gertrūda Gustaitytė, VI kursas, 4 gr.

Katedra/ Klinika, kurioje ruošiamas ir ginamas darbas

**Sveikatos mokslų instituto**

**Optometrijos katedra**

Darbo vadovas

doc. dr. Saulius Galgauskas

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

Katedros arba Klinikos vadovas

doc. dr. Saulius Galgauskas

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

2023-05-08

Studento elektroninio pašto adresas

gertruda.gustaityte@mf.stud.vu.lt

## TURINYS

SANTRAUKA .....	1
SUMMARY .....	1
ĮVADAS .....	2
TINKLAINĖS IMPLANTAI .....	3
1. Bioninių akių istoriniai aspektai .....	3
2. Bioninių akių veikimo mechanizmas .....	4
3. Epiretinaliniai tinklainės implantai ir jų klinikinis taikymas .....	5
4. Subretinaliniai tinklainės implantai ir jų klinikinis taikymas .....	7
5. Suprachoroidiniai tinklainės implantai ir jų klinikinis taikymas .....	8
INTRAOKULINIAI LĖŠIAI IR KLINIKINIS JŲ TAIKYMAS .....	9
1. Vienžidiniai intraokuliniai lęšiai .....	9
2. Daugiažidiniai intraokuliniai lęšiai .....	10
2.1. Dvižidiniai intraokuliniai lęšiai .....	11
2.2. Trižidiniai intraokuliniai lęšiai .....	11
2.3. Akomodaciniai intraokuliniai lęšiai .....	11
3. Ištęsto židinio intraokuliniai lęšiai .....	12
4. Fakiniai intraokuliniai lęšiai .....	12
AKIŲ PROTEZAI IR JŲ KLINIKINIS TAIKYMAS .....	13
METODIKA .....	14
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS .....	14
1. Bioninių akių tyrimų rezultatai .....	14
2. Intraokulinių lęšių tyrimų rezultatai .....	15
3. Akių protezų tyrimų rezultatai .....	16
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI .....	24
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	25

## SANTRAUKA

**Darbo tikslas.** Išanalizuoti naujausią mokslinę literatūrą apie akių implantų technologijų pažangą, jų privalumus, trūkumus, taikymą klinikinėje praktikoje.

**Metodika.** Temą nagrinėjanti literatūros apžvalga atlikta *PubMed*, *Medscape*, *Medline*, *Science Direct*, *Web of Science* elektroninėse duomenų bazėse ir informacinėje paieškos svetainėje *Google Scholar*. Atrinkti straipsniai publikuoti nuo 2018 metų iki 2023 metų.

**Rezultatai.** Epiretinaliniai tinklainės implantai gerina pacientų regėjimo aštrumą, lengvina orientacinių, mobilumo, kasdienio gyvenimo ir socialinės integracijos užduočių atlikimą, tačiau neišvengiama su procedūra, implantu siejamų nepageidaujamų reiškinių. Subretinaliniai tinklainės implantai pasižymi liekamojo regėjimo aštrumo išsaugojimu, didesne skiriamąja geba, tačiau implantacijos vieta didina tinklainės atšokos riziką. Suprachoroidiniai tinklainės implantai gerina pacientų savarankiškų užduočių atlikimą, nors rezultatų gerėjimas stebimas tik reabilitaciniu laikotarpiu. Mokslinių tyrimų duomenimis, intraokuliniai lęšiai didina pacientų regėjimo aštrumą, kontrastinį jautrumą ir mažina korekcijos akiniais poreikį. Naujos kartos vienžidiniai lęšiai gerina artimo atstumo regėjimo aštrumą, o kartu su iššęsto židinio lęšiais pasižymi geresne, statistiškai reikšminga tarpinio atstumo korekcija. Iššęsto židinio lęšiams būdingas mažesnis artimas regėjimo aštrumas ir kontrastinis jautrumas, lyginant su daugiažidiniais lęšiais. Tyrimų duomenimis, akies netekę pacientai teigiamai vertina dirbtinio akies protezo išvaizdą, dėvėjimo komfortą, judrumą, tačiau skundžiasi padidėjusiu ašarojimu ir išskyromis.

**Išvados.** Nėra nė vieno akių implanto, gebančio atkurti visavertę regėjimo funkciją, artimą natūraliai regai, tačiau tinklainės implantai bent minimaliai atkuria regėjimo funkciją, intraokuliniai lęšiai didina regėjimo aštrumą, kaip ir dirbtiniai akių protezai gerina gyvenimo kokybę. Remiantis mokslo pažanga, ateityje siūloma priimti tokį technologinį sprendimą, kuris pritaikytų akies implantus didesnei pacientų grupei ir išvengtų su implantais siejamų nepageidaujamų reiškinių.

**Raktažodžiai.** Tinklainės protezai, bioninė akis, intraokuliniai lęšiai, akių protezai.

## SUMMARY

**Objective.** To analyze the latest scientific literature on the advancement of eye implant technologies, their benefits and drawbacks, and their clinical application.

**Methods.** A relevant literature review was executed using databases such as “PubMed“, “Medscape“, “Medline“, “Science Direct“, “Web of Science“, and the reference search website “Google Scholar“. The articles chosen were published between 2018 and 2023.

**Results.** The epiretinal implants improve patients' visual acuity, facilitate orientation, mobility, daily life and social integration tasks, but there is no way to prevent adverse events related to the procedure or the implant itself. Although subretinal implants preserve residual visual acuity and provide higher resolution, the implantation site is associated with an increased risk of retinal detachment. Suprachoroidal implants improve patients' ability to perform independent tasks, but this improvement is only seen during the rehabilitation period. According to scientific research, intraocular lenses improve patients' visual acuity, contrast sensitivity, and reduce the need for glasses correction. The new generation monofocal lenses improve close distance vision acuity and, when combined with extended focus lenses, have a statistically significant improvement in intermediate distance correction. Extended focus lenses have lower near visual acuity and contrast sensitivity than multifocal lenses. According to studies, patients who have lost an eye rate the appearance, wearing comfort, and mobility of the artificial eye prosthesis positively, but they complain of increased lacrimation and secretions.

**Conclusion.** There is no eye implant that can restore full-fledged visual function that is comparable to natural vision, although retinal implants restore visual function minimally, intraocular lenses enhance visual acuity, and artificial ocular prosthesis improve quality of life. Based on scientific progress, it is proposed that such a technological solution be implemented in the future, allowing eye implants to be applied to a larger group of patients while avoiding adverse events associated with implants.

**Key words.** Retinal prosthesis, bionic eye, intraocular lenses, ocular prosthesis.

## ĮVADAS

Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) duomenimis, apie 1 milijardas asmenų turi regėjimo sutrikimus, kurių pagrindinėmis priežastimis laikoma katarakta ir refrakcijos ydos, dalis pacientų netenka regėjimo dėl lėtinių ligų – pigmentinio retinito, amžinės geltonosios dėmės degeneracijos (1,2). Siekis atkurti prarastą regėjimo funkciją, pagerinti regėjimo aštrumą, gyvenimo kokybę sukėlė didelį susidomėjimą visuomenėje ir tapo aktualia mokslininkų tyrinėjimo sritimi (3–5). Pirmųjų akių protezų ištakos pastebėtos dar 3000 metų prieš Kristų Egipte (4), o pirmieji intraokuliniai lęšiai (IOL), sukurti iš polimetilmetakrilato, implantuoti 1949 metais (m.) (5). Intraokulinių lęšių implantacija, nors ir siejama su daugybe nepageidaujamų reiškinių, įskaitant glaukomą, intraokulinio lęšio dislokaciją, laikoma šiuolaikinės kataraktos chirurgijos pradžia (5). Ribota vienžidinių intraokulinių lęšių korekcinė geba paskatino lęšių technologijų pažangą, siekiant atkurti gebėjimą matyti iš artimo ir tolumo atstumų be papildomos korekcijos akiniais (5). IOL, gerinantys įvairių (artimo, tarpinio, tolumo) nuotolių matymą arba jų derinius, yra daugiažidiniai, pavyzdžiui (pvz.),

akomodaciniai, dvižidiniai, trižidiniai, ir ištęsto židinio IOL (6). Fakiniai (angl. *Phakic*) IOL geba koreguoti dideles refrakcijos ydas, kurioms lazerinė chirurgija nėra taikoma (5). Daroma prielaida, kad dar nėra ištobulinto dirbtinio intraokulinio lęšio, neturinčio trūkumų, tačiau stebima ženkliai lęšių technologijų pažanga (5–8).

18 amžiuje atliktas Charles Le Roy eksperimentas su aklu pacientu paskatino regos funkciją atkuriančių technologijų vystymąsi (9). Pirmasis tinklainės implantas, sukeltas nuoseklių fosfenų matymą, sukurtas 1968 m., tačiau tik 2011 m. Europos Sąjungos (ES) patvirtintas epiretinalinis tinklainės implantas *Argus II* pradėtas naudoti klinikinėje praktikoje (9). Tinklainės implantai, dar vadinami bioninėmis akimis, geba atkurti prarastą regėjimo funkciją, sąlygotą degeneracinių tinklainės ligų sukeltą aklumą, kai išorinis regėjimo kelias (regos nervas, šoninis kelinis kūnas, regos žievė) santykinai yra nepažeistas (10,11). Tinklainės pigmentinio retinito atveju palapsniui netenkama išorinių tinklainės sluoksnių, kuriuose lokalizuojasi šviesai jautrūs fotoreceptorai, o vidiniai tinklainės sluoksniai, tarp jų tinklainės ganglinių ląstelių sluoksnis, iš dalies yra išsaugomi (10). Didžioji dalis akių implantų paremti tinklainės stimuliacijos principu, šiuo metu klinikinėje praktikoje yra patvirtinti ir naudojami 3 tinklainės implantai, kiti yra klinikinių tyrimų stadijoje (10). Nors tinklainės implantai yra saugūs naudoti klinikinėje praktikoje, jų regėjimo funkcijos atkūrimas vis dar yra minimalus, o progresas nėra toks greitas, kokio buvo tikėtasi (3,12). Dabar mokslininkams, kuriantiems bionines akis, keliami iššūkiai siejami su regėjimo rezultatų gerinimu, tai yra regos aštrumo ir regos lauko didinimu, vaizdo apdorojimo sistemos gerinimu (11). Literatūros apžvalgos darbo tikslas yra išanalizuoti naujausią mokslinę literatūrą apie akių implantus, tai yra bionines akis, lęšius, akių protezus, jų privalumus, trūkumus ir taikymą klinikinėje praktikoje.

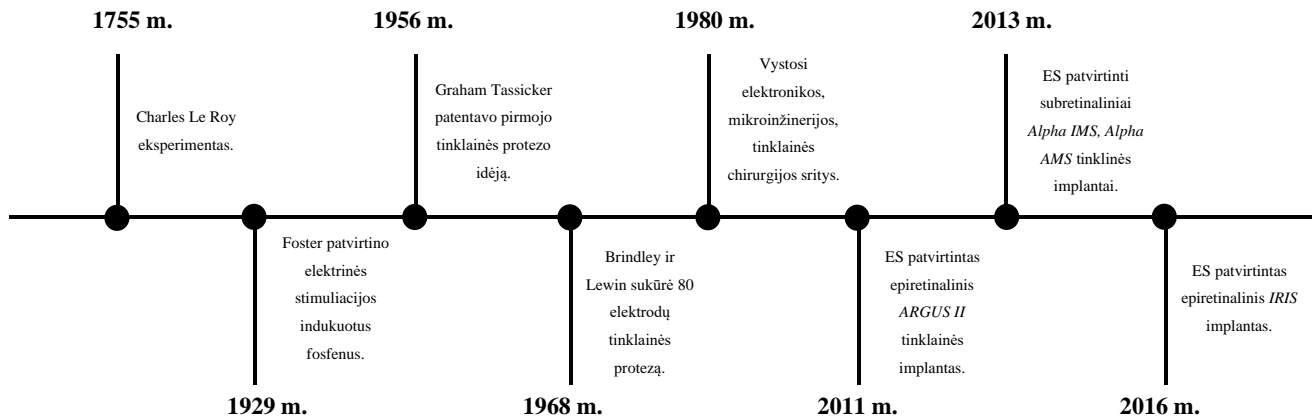
## TINKLAINĖS IMPLANTAI

### 1. Bioninių akių istoriniai aspektai

Elektros stimuliacijos sukeltus fosfenus dar 1755 m. pastebėjo Charles Le Roy (1 lentelė), kurio bandymas su aklu pacientu, atliekant akies paviršiaus stimuliaciją elektros impulsais, įrodė šviesos blyksnių matymą (9). 1929 m. vokiečių neurologas ir neurochirurgas Foester patvirtino išorinės elektrinės stimuliacijos oksipitalinėje srityje išprovokuotą fosfenų atsiradimą (9,13). Pirmoji tinklainės protezo idėja patentuota 1956 m. Graham Tassicker, o 1968 m. mokslininkai Brindley ir Lewin sukūrė 80 elektrodų implantuojamą protezą, sukeltą nuoseklių fosfenų matymą (9,10,14). 1980 m. pastebėtas tinklainės protezavimo srities vystymasis, sąlygotas elektronikos, mikroinžinerijos ir tinklainės chirurgijos pažangos (9,11,15). Šiuo metu pasaulyje yra 20 mokslinių tyrimų grupių, kuriančių naujas bionines akis, tyrimų stadijos svyruoja nuo eksperimentinių iki klinikinių (2). Dabar

yra trys ES patvirtinti ir klinikinėje praktikoje naudojami tinklainės implantai – *Argus II*, patvirtintas ES nuo 2011 m., *Alpha AMS* (2013 m.) ir *IRIS* (2016 m.), skirti regėjimo funkcijai atkurti, regėjimo aštrumo ir kasdienių funkcijų atlikimui gerinti (2,15,16).

1 lentelė. Bioninių akių vystymosi istoriniai aspektai.



## 2. Bioninių akių veikimo mechanizmas

Nervinio impulso perdavimas į regos žievę kyla dėl išoriniame tinklainės sluoksnyje esančių fotoreceptorių jautrumo šviesos dirgikliams, tai lemia neuronų signalų generavimą ir perdavimą vidiniams tinklainės sluoksniams, sudarantiems neuronų tinklą, atsakingą už impulso apdorojimą ir plitimą tinklainės ganglinėmis ląstelėmis (17,18). Degeneracinės tinklainės ligos, tokios kaip amžinė geltonosios dėmės degeneracija, pigmentinis retinitas, sąlygoja fotoreceptorių degeneraciją, kai vidiniai tinklainės sluoksniai yra išsaugomi iki pažengusių ligos stadijų (9,11,19). Regėjimo funkcijos atkūrimo strategija yra paremta išsaugotų tinklainės neuronų stimuliacija (20). Strategijai įgyvendinti reikalingi 3 pagrindiniai komponentai: vaizdo įrašymas, vaizdo apdorojimas, stimulatorius (20). Tinklainės protezus pagal veikimo mechanizmą galima būtų skirstyti į dvi grupes (10). Pirmu atveju išorinės kameros valdomas elektrodų masyvas per vaizdų apdorojimo sistemą veikia tinklainę stimuliuojančiai (10). Iš aplinkos gautas vaizdas fiksuojamas vaizdo įrašymo įrenginyje (20), vaizdas apdorojamas, tai yra ryškinamos aktualiausios, pacientą dominančios vaizdo vietos ir mažinami galimi foniniai trikdžiai (11). Apdorotas vaizdas konvertuojamas į elektrinį signalą ir perduodamas stimulatoriui, kuris aktyvuoja nepažeistas tinklainės ląsteles (20). Kitu atveju naudojami fotovoltiniai tinklainės implantai su fotodionais, kurie ant tinklainės krentantį vaizdą, tai yra šviesos šaltinį, transformuoja į elektrinį impulsą, tiesiogiai stimuliuojantį tinklainės ląsteles (11,20). Fotodionų masyvo sistema leidžia akims judėti projektuojamo matymo lauko ribose, todėl akys visuomet būna vienoje linijoje su tinklainėje stimuliuojamu vaizdu, tačiau tam, kad objektas būtų

matomas, naudojant elektrodų masyvo sistemą, reikalingas žvilgsnio ir mikrokameros krypties sutapimas (11).

### 3. Epiretinaliniai tinklainės implantai ir jų klinikinis taikymas

Tinklainės implantai pagal implantacijos vietą skirstomi į epiretinalinius, subretinalinius, suprachoroidinius ir intrasklerinius (15). Pirmasis komerciškai pradėtas naudoti epiretinalinis tinklainės protezas yra *Argus II*, sukurtas *Second Sight Medical Products*, Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV), vėliau *IRIS II* implantas, sukurtas *Pixium Vision*, Prancūzijoje (11,16). *Argus II* yra dažniausiai implantuojamas tinklainės implantas dėl įrodyto biologinio suderinamumo, patikimumo ir naudos pacientams (21).

#### *Dizainas*

*Argus II* ir *IRIS II* epiretinaliniai tinklainės implantai, sudaryti iš dviejų komponentų (16). Išorinį komponentą sudaro nešiojami akiniai su juose esančia mikrokamera, kuri laidu sujungta su vaizdo procesoriaus bloku (angl. *video processing unit*) (16,22). Procesorius iš mikrokameros realiuoju laiku gautą vaizdinę informaciją transformuoja į duomenis ir siunčia vidiniam komponentui (1 paveikslas (pav.)), tai yra implantui, sudarytam iš imtuvo, elektroninio korpuso ir elektrodų masyvo (22). Duomenys belaidžiu ryšiu perduodami imtuvui, vėliau elektrodų masyvui, kuris gamina elektrinius impulsus, stimuliuojančius išsaugotas tinklainės ląsteles (16,22). Vaizdinė informacija regos nervu perduodama į smegenis ir sukuriamas vizualinis suvokimas, kai fosfenai imituoja ryškiausiai matomas vaizdo dalis ir objekto formas (22,23), kurias pacientas išmoksta interpretuoti pooperaciniu laikotarpiu vykdomuose mokymuose (22).



1 paveikslas. Epiretinalinis tinklainės implantas *Argus II*. Implanto sandara: A - išorinis komponentas, sudarytas iš akinių (kairėje) ir vaizdo apdorojimo bloko (dešinėje), B – vidinis komponentas, sudarytas iš akies obuolio sklerą juosiančios silikoninės juostos, imtuvo, elektrodų masyvo (11).

#### *Klinikinės išėitys*

Remiantis literatūros duomenimis, epiretinaliniai tinklainės implantai taikomi regėjimo funkcijai atkurti pigmentiniu retinitu sergantiems 25 metų ir vyresniems asmenims (2,21,24). Dėl galimos įtakos implanto funkcionalumui implantacijos kontraindikuotinos esant tinklainės atšokai,

tinklainės kraujagyslių okliuzijai, galvos traumai (25). Epiretinalinis *Argus II* protezas implantuojamas *pars plana* vitrektomijos metodu, kartu atliekant optinę koherentinę tomografiją, reikalingą elektrodų masyvo pozicijos ir vietos nustatymui (2). Vis dar yra diskutuojama dėl implantacijos padarinių, sąlygojančių audinių pažeidimą ar gliozę (2). Stanislo Rizzo ir kitų tyrėjų duomenimis, junginės erozija laikoma dažniausiu nepageidaujamu reiškiniu po *Argus II* implantacijos, siejama su implanto korpuso tiesioginiu sąlyčiu su jungine, įrenginio mechanine įtampa, lemiančia junginės išplonėjimą ir erozijos formavimąsi (24). Junginės erozijos prevencijai yra rekomenduojamas priešoperacinis junginės įvertinimas (24).

#### *Privalumai ir trūkumai*

Pirmos kartos *Argus I* implantas, sudarytas iš 16 elektrodų, leido pacientams atskirti ryškiausiai matomą vaizdo vietą ir nustatyti objekto judėjimo kryptį (2,22). Atnaujinta *Argus II* versija, sudaryta iš 60 elektrodų, leido pacientams identifikuoti objektų formas, šviesos šaltinį, judesius, orientuotis aplinkoje ir atlikti nesudėtingas užduotis (2,22). Lyginant abi bioninių akių versijas, *Argus II* pasižymi didesniu regėjimo aštrumu nei *Argus I* (2). Nustatyta, kad visos tinklainės stimuliacijai yra būtinas 5 kvadratinių centimetrų ( $\text{cm}^2$ ) elektrodų paviršiaus plotas, tačiau saugi chirurginė implantacija yra galima, kai implanto dydis yra  $\leq 5$  mm, o tai riboja bioninės akies matymo lauką, kuris siekia  $\leq 20$  laipsnių (2,26). *Argus II* bioninės akies tikslas yra pagerinti paciento orientaciją aplinkoje (26). Epiretinalinio implanto mikrokamera atlieka erdvės suvokimo funkciją, didelės amplitudės galvos judesiai padeda nuskenuoti vaizdą, kuris dėl aplinkos judrumo yra kintantis, todėl vaizdo atnaujinimui atliekami mažos amplitudės judesiai, kuriuos natūraliai žmogaus akis atlieka mikrosakadomis (16). Pacientams, kurių aklumas tęsiasi daugelį metų, yra sudėtinga kontroliuoti akių judesius ir suprasti jų padėtį, todėl pirmas pooperaciniu laikotarpiu išmokomas įgūdis yra akių padėties suvokimas galvos atžvilgiu, kadangi mikrokameros ir akių vizualinės ašys turi sutapti (26,27). Regėjimo funkcijos suvokimui reikalingas gebėjimas interpretuoti bendrą vaizdą ir suprasti, kokia objekto dalis yra matoma (16).

Vienas iš dažniausiai recipientų ir tyrėjų įvardijamų epiretinalinio tinklainės implanto pranašumų yra prasmingos veiklos ir tikslo suteikimas regėjimą praradusiems asmenims (16). Bioninių akių tyrimuose dalyvaujantys aklieji suburiami į bendruomenę, kurioje išmoksta naudotis implantais ir suprasti matomus fosfenus (16). Kitas epiretinalinių implantų privalumas yra didelių elektrodų masyvų implantavimas (16). *Argus II* sistemoje yra taikomi 60 elektrodų, o *IRIS II* – 150 elektrodų masyvai, ribotai atkuriantys regėjimo funkciją (16,21). Savarankiškam paciento mobilumui pasiekti reikalingas 600 elektrodų masyvas, todėl ateityje tikimasi sumažinti elektrodų diametrą ir padidinti jų skaičių (16,21). Epiretinalinių bioninių akių privalumu laikomas ir jų dizainas, kadangi išorinis



komponentas gali būti lengvai atnaujinamas, įdiegiant objektų ar veidų aptikimo naujus algoritmus (27).

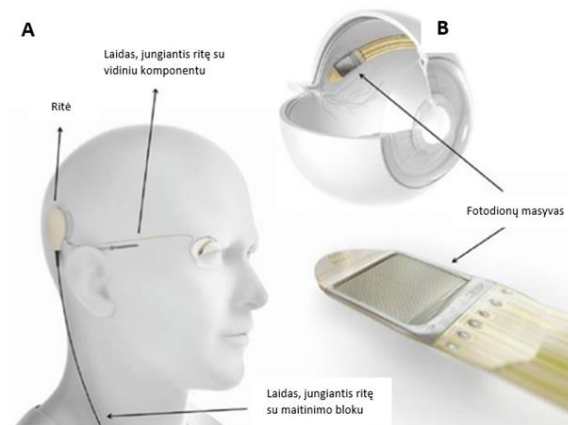
Epiretinaliniai tinklainės implantai išlieka problematiški dėl vidinio komponento, kuris nėra lengvai sutaisomas ar pakeičiamas, gedimų rizikos (16). Vis dėlto didžiausiu iššūkiu laikomas ribotas regėjimo funkcijos atkūrimas (23,26). Epiretinalinio implanto nauda visiškai prisitaikiusiems pacientams, kompensuojantiems aklumą kitais jutimais ir pagalbiniėmis priemonėmis, nėra pakankama (26). Protezo taikymas liekamąjį regėjimą turintiems asmenims sukelia natūralaus regėjimo praradimą ir gali apsunkinti dirbtinio vaizdo suvokimą, lemiantį pacientų nusivylimą, todėl labai svarbu išsiaiškinti pacientų lūkesčius (26). Kitas epiretinalinio implanto trūkumas siejamas su veikimo trukme, kadangi įrenginiui nustojus veikti pacientai dažnai išgyvena psichologinius sunkumus (16). *IRIS II* bioninės akis sukūrusi įmonė *Pixium* sustabdė su protezu susijusius tyrimus dėl nustatytos trumpesnės prietaiso veikimo trukmės nei buvo tikėtasi (2).

#### 4. Subretinaliniai tinklainės protezai ir jų klinikinis taikymas

Subretinaliniai pirmos kartos *Alpha IMS*, antros kartos *Alpha AMS*, pagaminti *Retina implant AG*, Vokietijoje, ir *PRIMA*, pagamintas *Pixium Vision*, Prancūzijoje, implantai yra naudojami galutinės stadijos pigmentinio retinito, sausosios amžinės geltonosios dėmės degeneracijos gydymui (28,29). Yra 2 pagrindiniai skirtumai tarp subretinalinių ir epiretinalinių tinklainės implantų, jie skiriasi implantacijos vieta ir bioninių akinių dizainu (28).

##### *Dizainas*

*Alpha IMS* pirmos kartos implantas, sudarytas iš 1500 fotodionų masyvo (*Alpha AMS* iš 1600 fotodionų) (2,28), vitrektomijos būdu implantuojamas tarp tinklainės pigmentinio epitelio ir fotoreceptorių sluoksnių (21,30). Dėl implantacijos vietos subretinaliniai akių implantai yra fiziologiškesni, paciento optinės sistemos naudojimas leidžia atsisakyti mikrokameros, vaizdo apdorojimo bloko, galvos judesių, reikalingų epiretinalinių tinklainės implantų atvejais (21). Subretinaliniuose *Alpha IMS/AMS* implantuose naudojama mikroschema su fotodionais, generuojanti elektros impulsus vidiniams tinklainės sluoksniams (2 pav.) (28). Vaizdo atnaujinimui pakanka akių judesių (21), o elektroninio impulso reguliacijai naudojamas išorinis maitinimo blokas, skirtas impulso stiprumui ir jautrumui nustatyti (9,30). Subretinalinio tinklainės implanto *PRIMA* dizainą sudaro išoriniai akiniai, kurių mikrokameros užfiksuotam vaizdui apdoroti naudojami infraraudonieji spinduliai (10).



2 paveikslas. Subretinalinis tinklainės implantas *Alpha AMS*. Implantas yra sudarytas iš vidinio komponento, tai yra fotodionų masyvo, kuris silikoniniu laidu sujungtas su išoriniu komponentu, sudarytu iš išorinės ritės, laidu jungiamos su maitinimo bloku (9).

### *Privalumai ir trūkumai*

Subretinaliniai, kaip ir epiretinaliniai, tinklainės implantai pasižymi geresne vaizdo skiriamąja geba regos netekusiems pacientams (31). Subretinalinis *Alpha IMS* implantas didina pacientų regėjimo aštrumą, gebėjimą atpažinti objektus, suvokti šviesos šaltinį, jį lokalizuoti, matyti judesius, tačiau tyrimų rezultatai nėra vienareikšmiai (9,28). Patobulinto antros kartos *Alpha AMS* implanto funkcinė nauda panaši kaip ir *Alpha IMS* atveju (9), tačiau nustatytas reikšmingas veikimo trukmės pokytis (28). *Alpha AMS* pasižymi ilgesniu veikimo laiku, kuris siekia daugiau nei 24 mėnesius, kai *Alpha IMS* nustatyta veikimo trukmė 3–12 mėn. (28).

Subretinalinių tinklainės implantų *Alpha AMS* ir *PRIMA* pranašumu laikomas regėjimo funkcijos atkūrimas, naudojant įprastus akių judesius (10). Pagrindinis *PRIMA* implanto pranašumas yra mažas elektrodų dydis, užtikrinantis didelę skiriamąją gebą, dėl kurios pacientai gali atpažinti raides, nustatyti objekto vietą (23). Kitas pranašumas – išsaugomas paciento liekamasis natūralus regėjimo aštrumas (32). Infraraudonųjų spindulių metodo taikymas žada naujas galimybes amžinės geltonosios dėmės degeneracijos gydymui, vis dėlto *PRIMA* implantas dar yra klinikinių tyrimų stadijoje ir nėra patvirtintas (10).

Problematiškas išlieka subretinalinių tinklainės implantų dydis, kadangi didesnio fotodionų masyvo įterpimas tarp tinklainės sluoksnių didina tinklainės atšokos riziką (2). Subretinalinių protezų implantacija yra techniškai sudėtingesnė dėl tinklainės ir jos pigmentinio epitelio adhezijos, sąlygotos degeneracijos, ir priklauso nuo chirurgo patirties (9).

## 5. Suprachoroidiniai tinklainės protezai ir jų klinikinis taikymas

### *Dizainas, pranašumai*

Pirmas *Bionic Vision Australia* sukurtas suprachoroidinis tinklainės implantas sudarytas iš 24 kanalų sistemos, 20 stimuliacinių ir 4 grįžtamųjų elektrodų, sujungtų su temporalinio raumens

vietoje implantuotu perkutaniniu prietaisu (2,9). Dėl išorinių komponentų, tai yra akiniuose esančios mikrokameros ir išorinio vaizdo apdorojimo įrenginio, vaizdinė informacija perduodama elektrodams, kurie stimuliuoja tinklainę ir sukelia fosfenus (2,15). Tyrimo duomenimis, pacientų matomi fosfenai skiriasi savo pobūdžiu, vieta ir stimuliacijos slenksčiu (9). Implante naudojamas judesio sekimo įrenginys ir į akis nukreipta kamera, skirta objektų vietos, formos, dydžio įvertinimui (2). Suprachoroidinė bioninė akis gerina regėjimo aštrumą, leidžia atpažinti simbolius, nustatyti objekto vietą, palengvina orientacinių ir judėjimo užduočių atlikimą, tačiau tyrimų rezultatai nėra vienareikšmiai (2,9,33). Tyrimo duomenimis, nežymus regėjimo aštrumo padidėjimas gerina galutinės stadijos pigmentiniu retinitu sergančiųjų pacientų kasdienį gyvenimą, o kartu su bionine akimi naudojamos pagalbinės vaikščiojimo priemonės suteikia papildomos informacijos apie supančią aplinką (34).

Suprachoroidinių protezų implantacija yra lengvesnė, lyginant su kitais tinklainės implantais (34). Implantacijos vieta tarp gyslainės ir skleros sluoksnių užtikrina tinklainės vientisumą, nėra tinklainės pažeidimo rizikos, kuri kyla atliekant vitrektomiją (10,34). Lyginant su kitomis bioninėmis akimis, suprachoroidinių protezų implantacija yra mažiau invazyvi, o implantas yra lengviau pasiekiamas, esant gedimui (9). Suprachoroidiniai tinklainės implantai chirurgiškai yra saugesni, patvaresni ir turi mažesnę intraoperacinių ir pooperacinių komplikacijų riziką (2).

### *Trūkumai*

Kita vertus, suprachoroidinė tinklainės implanto padėtis be teikiamos naudos turi ir trūkumų. Didesnis atstumas tarp protezo ir tinklainės reikalauja stipresnės stimuliacijos, todėl tinklainės stimuliacijos slenksčiai yra aukštesni, kartu didėja ir žalos rizika (10). Pacientams su suprachoroidiniais tinklainės implantais nustatyta didesnė hemoragijų ir fibrozės rizika poimplantaciniu laikotarpiu (9). Aukšti stimuliacijos slenksčiai padidina impulsų srovės plitimą, kuris sąlygoja kontrasto ir skiriamosios gebos sumažėjimą (9,10). Po pirmos fazės klinikinių tyrimų dar nėra nė vieno patvirtinto naudojimo suprachoroidinio tinklainės implanto (10). Tolesni *Bionic Vision Australia* tyrimai atliekami su naujos kartos suprachoroidiniais implantais, sudarytais iš 44 ir 99 kanalų sistemų, siekiant išspręsti stimuliacijos sąlygotas problemas (2,9). Tikimasi, kad vaizdo apdorojimo sistemos tobulinimas, nukreiptas į objektų atpažinimą ir jų kontrasto nustatymus, pagerins pacientų regėjimo funkciją ir mobilumą (34).

## INTRAOKULINIAI LĘŠIAI IR KLINIKINIS JŲ TAIKYMAS

### 1. Vienžidiniai intraokuliniai lęšiai

Vienžidiniai IOL yra dažniausiai katarakto operacijoje naudojami lęšiai dėl mažų sąnaudų, gero tolumo regėjimo aštrumo, retų disfotopsijų, aberacijų ar kitų nepageidaujamų reiškinių,

būdingų daugiažidiniams lęšiams (8). Tradiciniai vienžidiniai IOL geba koreguoti vieno atstumo matymą, pvz., tolumo, tačiau artimo regėjimo atstumo korekcijai reikalingi akiniai (35). Naujos kartos vienžidinis ištęsto židinio intraokulinis lęšis *Tecnis Eyhance*, žymimas ICB00, sukurtas *Johnson&Johnson*, JAV, suteikia galimybę matyti iš vidutinio nuotolio, nesukelia optinių nepageidaujamų reiškinių (5,8). Vienžidiniai IOL yra alternatyvi technologija, naudojama ragenos ar geltonosios dėmės ligomis sergantiems pacientams, kai daugiažidinių lęšių implantacija nėra rekomenduojama dėl sumažėjusio kontrastinio jautrumo (36). Vienžidinis ištęsto židinio intraokulinio lęšio *Tecnis Eyhance* dizainas – vienos dalies, abipusiškai išgaubtas, modifikuoto asferinio priekinio paviršiaus, sferinio užpakalinio paviršiaus lęšis su 6 milimetrų (mm) skersmens optika (6,36). ICB00 IOL yra pranašesnis už tradicinį monofokalinį IOL *Tecnis 1-piece* (3 pav.), žymimą ZCB00, dėl lęšio laužiamosios gebos pokyčio nuo periferijos iki centro (5). Priekinis modifikuotas asferinis ir užpakalinis sferinis lęšio paviršiai leidžia koreguoti tolumo atstumo matymą, kartu gerina tarpinį regėjimą (36), tačiau vis dar nėra įrodyta jo nauda atkuriant artimąjį regėjimą (5).



3 paveikslas. Intraokuliniai lęšiai. 1 – vienžidinis *Tecnis 1-piece* lęšis (37), 2 – dvižidinis *Tecnis Multifocal* lęšis (38), 3 – ištęsto židinio *AcrySof IQ Vivity* lęšis (39), 4 – trižidinis *FineVision* lęšis (40), 5 – daugiažidinis (vienos optikos) akomodacinis *CrystaLens* lęšis (41).

## 2. Daugiažidiniai intraokuliniai lęšiai

Daugiažidiniai intraokuliniai lęšiai dėl technologijoje naudojamų šviesos surinkimo (difrakcijos ir/arba refrakcijos) principų geba koreguoti įvairių atstumų matymą (5), todėl yra pranašesni už tradicinius vienžidinius intraokulinius lęšius (7). Šviesos pasiskirstymas tarp dviejų ar daugiau židinių daugiažidiniuose intraokuliniuose lęšiuose, priešingai nei vienžidiniuose, lemia didesnę nepageidaujamų reiškinių, pvz., disfotopsijų, aberacijų, akinimų, kontrastinio jautrumo mažėjimo dažnį (5,35,42). Daliai pacientų per 6 mėnesių laikotarpį įvyksta pooperacinė neuroadaptacija, kuri sumažina šalutinių reiškinių pasireiškimą ir didina pasitenkinimą intraokulinių lęšių veiksmingumu (5). Daugiažidiniai IOL yra kontraindikuotini pigmentiniu retinitu, Štargarto liga sergantiems asmenims, santykinėmis kontradikacijomis laikoma diabetinė retinopatija, amžinė geltonosios dėmės degeneracija, glaukoma (5,43).

Dažniausiai naudojamas daugiažidinis intraokulinis lęšis – difrakcinis (5). Difrakciniai daugiažidiniai IOL pagal židinių skaičių skirstomi į dvižidinius ir trižidinius (7). Didžiausiu difrakcinio dvižidinio intraokulinio lęšio trūkumu laikomas prastas matymas iš tarpinio atstumo, ypač aktualus

darbui kompiuteriu, vairavimui (44). Tarpinio regėjimo aštrumo trūkumui spręsti pradėti taikyti dvižidiniai IOL su papildomu artimuoju priedu (žymimu angl. *add*), dar vadinamu skaitymo priedu, ištęsto židinio IOL, trižidiniai IOL (35,44).

### 2.1. Dvižidiniai intraokuliniai lęšiai

Populiariausi difrakciniai dvižidiniai IOL priskiriami *AMO Tecnis* 3 pav.) serijai, pvz., ZM900, ZMA00, ZMB00, ZLB00, ZKB00 IOL su skaitymo priedu, skirtu tarpinio atstumo matymui koreguoti (7). *Tecnis* lęšių dizainą sudaro skirtingas optikos cirkuliarinių zonų aukštis, lemiantis didelės dalies (80 procentų (proc.)) šviesos pasiskirstymą tarp artimo ir tolumo atstumo židinių (45). Tarpinio regėjimo aštrumui gerinti taikomas *Mix and Match* metodas, kai implantuojami lęšiai su skirtingų dioptrijų artimuoju priedu, tačiau metodo nauda pacientams nėra vienareikšmė (44). Mažo skaitymo priedo lęšiai, pvz., ZKB00 (priedas +2,75 dioptrijos (D)), ZLB00 (priedas +3,25 D), pasižymi geru matymu iš tarpinio ir tolumo atstumų, yra teigiamai vertinami pacientų (46). Optikos dizaine taikomas mažesnis difrakcinių cirkuliarinių zonų skaičius sumažina nepageidaujamų reiškinių pasireiškimą, būdingą dvižidiniams lęšiams (46). *Tecnis* difrakciniai dvižidiniai IOL su mažu papildomu priedu pasižymi didesniu kontrastiniu jautrumu, gerina regėjimo aštrumą ir yra pasirinkimo variantas pacientams, vengiantiems akinių po kataraktos operacijos (46). Vis dėlto difrakciniai dvižidiniai IOL su skaitymo priedu yra mažiau naudingi koreguojant matymą iš tarpinio atstumo nei ištęsto židinio ir trižidiniai lęšiai (44).

### 2.2. Trižidiniai intraokuliniai lęšiai

Trižidiniai IOL geriausiai atkuria tarpinį regėjimą, tačiau tolumo ir artimo atstumų matymas, akinių korekcijos poreikis ir pasitenkinimas gydymo rezultatais išlieka panašus kaip ir dvižidinių lęšių atveju (42). Trižidinis apodizuotas difrakcinis *FineVision* intraokulinis lęšis (3 pav.), turintis artimąjį priedą +3,5 D ir tarpinį priedą +1,5 D (35,44), dėl optikos gardelių aukščio mažėjimo periferijos link išsaugo tarpinį regėjimo aštrumą tamsiu paros metu (44). Iššūkiu tampa tolumo atstumo matymas ryškioje šviesoje, kadangi dėl vyzdžio miozės yra veikiamos tik centrinės lęšio gardelės, matomas tik artimo nuotolio vaizdas (5,35). Neapodizuoto dizaino lęšis *AT LISA* dėl optikos gardelių išsidėstymo viename aukštyje nėra priklausomas nuo vyzdžio dydžio, todėl šviesa vienodai paskirstoma tarp artimo ir tolumo židinių (5). Trižidiniai IOL *AT LISA*, *Eyecryl SERT*, lyginant su ištęsto židinio IOL, yra pranašesni atkuriant artimąjį regėjimą, tačiau pasižymi prastesniu matymu iš tarpinio atstumo (47).

### 2.3. Akomodaciniai intraokuliniai lęšiai

Akomodaciniai IOL, naudojami presbiopijos korekcijai, išsaugo natūralią akies akomodacinę funkciją dėl krumplyno raumenų kontrakcijos sukeliama refrakcijos pokyčio (7). Pagal

optikos dizainą akomodaciniai IOL skirstomi į vienos arba dviejų optikų IOL (5,7). Vienos optikos akomodaciniai IOL, pvz., *CrystaLens* (3 pav.), taikomi JAV, pasižymi mažesniu nepageidaujamų reiškinių (akinimo, aberacijų) dažniu nei kiti daugiažidiniai IOL, tačiau maža lęšio judesio amplitudė (<1 mm) riboja akomodaciją, refrakcijos korekciją (5,7). Išlieka padidėjusi astigmatizmo rizika dėl optikos padėties pokyčio, sąlygoto kapsulės kontrakcinio sindromo (7). Dabar vieninteliai rinkoje taikomi intraokuliniai lęšiai yra *Synchrony* ir *Sarfarazi*, sukurti JAV (7). Dvigubos optikos akomodaciniai IOL laikomi pranašesniais už vienos optikos dėl didesnio regėjimo aštrumo ir kontrastinio jautrumo užtikrinimo, tačiau akomodacija išlieka ribota (7). *Synchrony* akomodacinių lęšių trūkumu laikomas didelis chirurginis pjūvis (3,7 mm), kuris gali indikuoti pooperacinį astigmatizmą (5). Dauguma akomodacinių intraokulinių lęšių yra tyrimo stadijoje, todėl jų nauda ir veikimas vertinama kontraversiškai (42). Tikimasi, kad naujos kartos akomodacinių lęšių implantavimas krumplyno vagoje, o ne lęšio kapsulės maišelyje padidins intraokulinių lęšių akomodacinę savybę (42).

### 3. Ištęsto židinio intraokuliniai lęšiai

Pirmasis ištęsto židinio intraokulinis lęšis, patvirtintas 2016 m. Maisto ir vaistų administracijos (angl. *FDA*), yra *Symfony*, pagamintas *Johnson&Johnson*, JAV (5,48). Ištęsto židinio IOL yra pasirinkimo variantas pacientams, kuriems dėl ligos negali būti implantuojamas daugiažidinis lęšis (5). *Symfony* intraokulinių lęšių dizaine naudojama hibridinė (refrakcinė ir difrakcinė) 6 mm skersmens optika koreguoja chromatinės aberacijas ir gerina matymo kokybę (35,48). Įrodyta, kad ištęsto židinio IOL pasižymi geresniu tarpiniu regėjimo aštrumu, didesniu kontrastiniu jautrumu, mažesniu aberacijų pasireiškimu (42,47). Didžiausiu trūkumu laikomas matymas iš artimo atstumo, tačiau tyrimų rezultatai nėra vienareikšmiai (48). 2020 m. rinkoje pristatytas naujas ištęsto židinio intraokulinis lęšis *AcrySof IQ Vivity* (3 pav), kurio dizainą sudaro asferinė, abipusiškai išgaubta optika, atkurianti regėjimą iš artimo ir tarpinio atstumo (49). Lęšiui būdinga minimali disfotopsijų rizika (49). Tyrėjų nuomone, hibridiniai lęšiai yra indikuotini pacientams, kurių pagrindinis poreikis yra kokybiškas artimo atstumo matymas (48,50).

### 4. Fakiniai intraokuliniai lęšiai

Fakiniai IOL pagal fiksacijos vietą skirstomi į priekinės kameros kampo, užpakalinės kameros ir prie rainelės fiksuotus lęšius (51). Fakiniai IOL, sukurti 1953 m., dėl sąlyginai didelio chirurginio pjūvio ir nestabilumo pasižymėjo dažnu šalutiniu nepageidaujamu poveikiu, įskaitant endotelio ląstelių praradimą, glaukomą, kataraktą, astigmatizmą (5,51). Priekinės kameros kampo lęšiams būdingas didelis komplikacijų dažnis lėmė jų pašalinimą iš rinkos (51). Dabar naudojami prie rainelės fiksuoti IOL pasižymi stabilumu, kaip ir užpakalinės kameros IOL, mažesniu nepageidaujamų

poveikių pasireiškimu (51). Fakiniai lęšiai yra pasirinkimo variantas pacientams, kuriems dėl didelės miopijos ar plonos ragenos kontraindikuotina lazerinė refrakcinė operacija (5,51,52). Fakiniai IOL išsaugo ragenos vientisumą ir geba koreguoti refrakcijos sutrikimus nuo  $-20$  D iki  $+22$  D, kai vidutinė galima korekcija lazeriu –  $-12$  D iki  $+6$  D (5). Fakinių lęšių implantacija pasižymi dideliu pacientų pasitenkinimo rodikliu ir gera trumparegystės korekcija, tačiau yra galimas su amžiumi ir morfometriniiais pokyčiais siejamas sumažėjęs regėjimo aštrumas ateityje (51,52). Vis dėlto fakinių lęšių implantacijai reikalinga atidi pacientų atranka dėl su lęšiais siejamų komplikacijų, saugumo vertinimui yra būtinas pooperacinis endotelio ląstelių stebėjimas (51).

### AKIŲ PROTEZAI IR JŲ KLINIKINIS TAIKYMAS

Pirmieji akių protezai, pagaminti iš brangakmenių, aukso ir kitų metalų, sukurti dar 3000 metų prieš Kristų, Egipte (4). 19 amžiuje išaugo akių protezų iš kriolito stiklo populiarumas, kuris vyravo iki Antrojo pasaulinio karo (53). Dabartiniai akių protezai dažniausiai gaminami pagal užsakymą iš akrilo, kurio didžiąją dalį sudaro polimetilmetakrilatas (PMMA) (4,53,54). Akių protezai taikomi anoftalminiams pacientams, kurie prarado akį dėl įgimtų patologijų ar atliktos evisceracijos, enukleacijos (55). Protezai atkuria pacientų fizinę išvaizdą ir veido simetriją, kuri yra svarbi jų gyvenimo kokybei, psichologinei būklei (4). Individualiai gaminami akių protezai yra pranašesni už standartiškai pagamintus akių protezus dėl estetiškos išvaizdos panašumo į natūralią akį, geresnio akių judesių valdymo, implantų pritaikymo prie amžinių anatominių pokyčių (4). PMMA protezams būdingas mažas paviršiaus drėgnumas, sukeltas sausumo jausmą, meibomo liaukos disfunkciją, ašarų nutekėjimo sutrikimus (54). Dabar atliekami tyrimai skirti didinti PMMA paviršiaus hidrofiliškumą, technologijoje naudojant papildomus hidrofilinius polimerus, pvz., polietilenglikolį, kuris ženkliai didina protezo dėvėjimo komfortą (54). Paviršiaus drėkinimą ir komfortą gali padidinti protezuotos akies poliravimas, kurio efektui išlaikyti reikalingas procedūros kartojimas (54). Stiklinių akių protezų paviršiaus defektų taisymui nėra taikomas poliravimas, todėl protezas turi būti keičiamas nauju (56). Dabartinė akių protezų gamyba yra brangi, o rinkoje vyrauja ribotas protezų pasirinkimas (56). Protezų iš akrilo gamyba užtrunka, gali sukelti alergines reakcijas, o stiklo akių protezai aukštoje temperatūroje gali įtrūkti (56,57). Ateityje tikimasi pritaikyti trimatę (3D) akių protezų spausdinimo technologiją, kurios atspausdinta akis turės ne tik estetinę paskirtį, bet ir atkurs prarastą regėjimo funkciją (58).

## METODIKA

Temai tinkama literatūros apžvalga atlikta *PubMed*, *Medscape*, *Medline*, *Science Direct*, *Web of Science* elektroninėse duomenų bazėse ir informacinėje paieškos svetainėje *Google Scholar*. Informacijos buvo ieškoma ir Pasaulio sveikatos organizacijos oficialiame tinklapyje. Literatūros apžvalga atlikta naudojant raktažodžius: *retinal prosthesis*, *retinal implant*, *bionic eye*, *artificial vision*, *visual prosthesis*, *epiretinal prosthesis*, *subretinal prosthesis*, *suprachoroidal prosthesis*, *Argus I*, *Argus II*, *Alpha-IMS*, *Alpha-AMS*, *IRIS*, *Intelligent Retinal Implant System*, *Bionic Vision Australia*, *intraocular lenses*, *monofocal intraocular lenses*, *multifocal intraocular lenses*, *multifocal IOL*, *extended depth of focus lenses*, *EDOF lens*, *accommodative intraocular lenses*, *Phakic intraocular lenses*, *ocular prosthesis*. Atrinkti straipsniai publikuoti nuo 2018 metų iki 2023 metų. Kiti taikyti atrankos kriterijai literatūros paieškai yra publikacijos pateiktis anglų kalba, klinikiniai tyrimai, atlikti su pacientais, kuriems taikyti akių implantai. Duomenys analizuoti aprašomosios analizės būdu.

## REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

### 1. Bioninių akių tyrimų rezultatai

Moksliniai tyrimai įrodo, kad tinklainės implantai yra patikimas ir veiksmingas metodas minimaliai atkuriantis regėjimo funkciją pigmentiniu retinitu ar amžine geltonosios dėmės degeneracija sergantiems asmenims (12,28,29,34,59–62). Epiretinalinių tinklainės implantų *ARGUS II* ir *IRIS II* tyrimų duomenimis (2 lentelė), su įjungtu implantu stebimas padidėjęs pacientų regėjimo aštrumas, gebėjimas nustatyti objektų vietą (12,59,60). Young Hee Yoon, Christie Braenne ir kiti tyrėjai nustatė, kad pacientai su *Argus II* implantais geba skaityti raides, žodžius (61,62), rašyti trumpus sakinius (61). Young Hee Yoon, Marie-Noëlle Delyfer ir kiti pažymi pagerėjusį pacientų orientacinių, judėjimo, kasdienio gyvenimo, socialinės integracijos užduočių atlikimą, vertinant FLORA metodu. (12,61). Implanto poveikis judesio krypties nustatymui nėra vienareikšmis (12,60–62). Marie-Noëlle Delyfer, Young Hee Yoon ir kitų tyrime nustatyta, kad implantas neturėjo įtakos judesio krypties nustatymui (12,61), o Mahiul M.K. Muqit, Christie Braenne ir kiti nustatė judesio krypties atpažinimo pagerėjimą su įjungtu implantu (60,62). Realus vaizdo atpažinimas su įjungtu implantu išliko sudėtingas, reikšmingas pagerėjimas nestebimas (60). Moksliniuose tyrimuose pranešama apie epiretinalinių tinklainės implantų sukeltus nepageidaujamus reiškinius, tokius kaip hifema, tinklainės atšoka, akies hipotonusas, stiklakūnio preretinalinė traukija, stiklakūnio hemoragija, akies skausmas, geltonosios dėmės edema, gyslainės atšoka, junginės cista, endoftalmitas, infekcinis keratitas (59,60). Dalis nepageidaujamų reiškinių siejami su prietaisu ir/ar implantacijos procedūra (12,60).



Subretinaliniai tinklainės implantai *Alpha AMS* ir *PRIMA* leido pacientams nustatyti šviesos šaltinio ir didelio kontrasto objektų vietą, padidino regėjimo aštrumą, leido atskirti pilkus tonus, ženkliai pagerino pacientų judėjimą pažįstamose vietose, tačiau kitose erdvėse judėjimas vertinamas kaip ekstremaliai sudėtingas (3 lentelė) (28,29). Thomas L. Edwards ir kitų tyrime pranešama apie tokius nepageidaujamus reiškinius, kaip junginės erozija, tinklainės atsoka, odos bėrimas, užfiksuotas vienas implanto gedimo atvejis (28). *PRIMA* bioninei akiai būdingas implanto padėties pokytis, sąlygotas pacientų veiksmų operaciniu ir pooperaciniu laikotarpiu (29).

Lewis Karapanos ir kitų tyrimas su suprachorodiniaisiais antros kartos tinklainės implantais (FLORA metodu) nustatė ženklų funkcinių regėjimo užduočių atlikimo pagerėjimą per pirmus 6 mėnesius nuo implantacijos pradžios, siejamą su reabilitaciniu ir mokymosi naudotis prietaisu laikotarpiu (3 lentelė), tačiau tolesnis rezultatų gerėjimas nėra stebimas (34)

Literatūros apžvalgos rezultatai sutampa su 2020 metų sisteminė bioninių akių apžvalgos rezultatais, tinklainės implantai gerina pacientų regėjimo aštrumą, lengvina kasdienį gyvenimą, padeda atpažinti didelio kontrasto objektus (2). Tačiau stebimas ir rezultatų skirtumas, sisteminėje apžvalgoje teigiama, kad regėjimo aštrumas nėra pakankamas skaitymui (2), literatūros apžvalgoje yra nustatytas atvejis, kai pacientas geba skaityti žodžius, rašyti paprastus sakinius (61). Vis dėlto rezultatų objektyvumui reikalingi tolesni tinklainės implantų tyrimai ir didesnės tyrimų imties analizė.

## 2. Intraokulinių lęšių tyrimų rezultatai

Tyrimų duomenimis, IOL didina pacientų, sergančių katarakta ir refrakcijos ydomis, regėjimo aštrumą, kontrastinį jautrumą, dalis lęšių mažina korekcijos poreikį akiniais (3 lentelė) (6,8,44,49,63,64). Studijų duomenimis, iššęsto židinio IOL pranašesni už vienžidinius IOL koreguojant tarpinį ir artimą regėjimą ( $p < 0,05$ ), tolumo matymo atkūrimo reikšmingų skirtumų nestebima, tačiau abiem lęšiams būdingi optiniai nepageidaujami reiškiniai – akinimas, aberacijos (49). Nustatyta, kad iššęsto židinio IOL sukelia mažiau difotopsijų (7 proc.) nei vienžidiniai IOL (34 proc.) (49). Naujos kartos monofokalinis *Tencis Eyhance* lęšis reikšmingai gerina artimąjį regėjimą, kaip ir iššęsto židinio monofokaliniai IOL pasižymi geresne ir statistiškai reikšminga ( $p < 0,05$ ) tarpinio regėjimo aštrumo korekcija (6,8). Tolimo nuotolio korekcijoje reikšmingų pokyčių tarp skirtingų rūšių vienžidinių IOL nestebima (6). Lyginant akomodacinių ir vienžidinių intraokulinių lęšių veiksmingumą katarakta sergantiems asmenims nustatyta, kad akomodaciniai IOL pranašesni koreguojant matymą iš arti, jiems būdingas didesnis nepriklausymas nuo akinių, tačiau tolumo atstumo matymas ir kontrastinis jautrumas išlieka panašus abiejų lęšių atvejais (64). Dong Won Paik ir kitų tyrimo duomenimis, dvižidiniai IOL su papildomu skaitymo priedu, trižidiniai ir iššęsto židinio IOL sudaro vienodai palankias sąlygas matyti iš tarpinio ir tolumo nuotolio, tačiau iššęsto židinio IOL

lęšiams būdingas reikšmingai mažesnis artimo atstumo matymas ir kontrastinis jautrumas, lyginant su trižidiniiais IOL (44). Dvižidiniai IOL su skaitymo priedu pasižymi mažesniu vaizdinių artefaktų dažniu (44). Jing Zhang ir kitų duomenimis, fakiniai IOL statistiškai reikšmingai gerina pacientų, turinčių didelę miopiją ir ambliopiją su anizotropija, tolumo atstumo regėjimo aštrumą ir kontrastinį jautrumą (63). Sunkių komplikacijų, siejamų su fakiniais IOL, nenustatyta, tačiau 2 pacientams pasireiškė pooperacinis akispūdžio padidėjimas (63).

Atliktos literatūros apžvalgos rezultatai sutampa su 2022 metų intraokulinių lęšių sisteminės apžvalgos duomenimis, kadangi daugiažidiniams lęšiams būdingas geresnis artimo atstumo matymas nei vienžidiniams lęšiams (64,65). Tarpinio atstumo regėjimo aštrumas yra didesnis su ištęsto židinio nei vienžidiniiais lęšiais, tačiau tolumo atstumo matymas panašus abiem atvejais (6,8,65). Sisteminėje apžvalgoje nustatyta, kad nėra statistiškai reikšmingo skirtumo tarp daugiažidinių ir vienžidinių lęšių kontrastinio jautrumo (65). Literatūros apžvalgos duomenimis, trižidiniai intraokuliniai lęšiai pasižymi statistiškai reikšmingu ( $p=0,003$ ) mažesniu kontrastiniu jautrumu (44). Literatūros apžvalgos privalumu laikomas informacijos apie fakinius intraokulinius lęšius, kurie sisteminėje apžvalgoje nėra minimi, įtraukimas.

### 3. Akių protezų tyrimų rezultatai

Alexander C. Rokohl ir kitų tyrėjų duomenimis, pacientai su stikliniais akių protezais statistiškai reikšmingai mažiau nerimauja dėl protezo dydžio ( $p=0,007$ ), komforto ( $p<0.001$ ), priežiūros ( $p < 0.001$ ) nei su PMMA protezais, tačiau reikšmingo skirtumo nestebima dėl akių protezų judesių (53). Pacientų, nešiojančių akių protezus, klausimyno duomenimis, pacientai išreiškia didelį pasitenkinimą (7,2–7,5 balais iš 10) dirbtinės akies išvaizda, akies protezo dėvėjimo komfortu ir judrumu, palyginti su sveika akimi, taip pat psichine sveikata ir socialine gerove, tačiau sunkumų kelia padidėjęs sąsąraujimas, išskyros, akies dirginimas ir skausmas, periferinio regėjimo lauko sumažėjimas, sukiantis pusiausvyros ir gylio suvokimo sutrikimus (66). Apžvelgtoje literatūroje nėra 2018–2022 m. atliktos akių protezų sisteminės apžvalgos, todėl gauti rezultatai nėra lyginami.

2 lentelė. Studijų, atliktų su akių implantais, charakteristikų lentelė

Autoriai, metai	Pavadinimas	Akies implantas	Tyrimo dizainas	Imtis	Dalyvių amžius	Liga	Lytis
Tinklainės implantų tyrimai							
Robert G. Devenyi ir kiti 2018 m. (59)	<i>The Toronto experience with the Argus II retinal prosthesis: new technology, new hope for patients</i>	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Atvejų analizė	11	Vidurkis 63 m.	PR	6 vyr., 5 mot.
Thomas L. Edwards ir kiti,	<i>Assessment of the Electronic Retinal Implant Alpha AMS</i>	Subretinalinis tinklainės	Klinikinis tyrimas	6	Vidurkis 53 m.	PR	1 vyr., 5 mot.

2018 m. (28)	<i>in Restoring Vision to Blind Patients with End-Stage Retinitis Pigmentosa</i>	implantas <i>Alpha AMS</i>					
Mahiul M. K. Muqit ir kiti, 2019 m. (60)	<i>Six-Month Safety and Efficacy of the Intelligent Retinal Implant System II Device in Retinitis Pigmentosa</i>	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>IRIS II</i>	Klinikinis tyrimas	10	Vidurkis 59 m.	PR	-
Marie-Noëlle Delyfer ir kiti, 2021 m. (12)	<i>Improved performance and safety from Argus II retinal prosthesis post-approval study in France</i>	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Stebėjimo tyrimas	18	Vidurkis 56 m.	PR	-
Lewis Karapanos ir kiti, 2021 m. (34)	<i>Functional Vision in the Real-World Environment With a Second-Generation (44-Channel) Suprachoroidal Retinal Prosthesis</i>	Suprachoroidinis artros kartos tinklainės implantas	Ekspirimentinis tyrimas	4	Vidurkis 54 m.	PR	3 vyr., 1 mot.
Young Hee Yoon ir kiti, 2021 m. (61)	<i>One-Year Anatomical and Functional Outcomes of the Argus II Implantation in Korean Patients with Late-Stage Retinitis Pigmentosa: A Prospective Case Series Study</i>	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Atvejų analizė	5	Vidurkis 57 m.	PR	2 vyr., 3 mot.
Christie Braenne ir kiti, 2022 m. (62)	<i>Sequential epiretinal stimulation improves discrimination in simple shape discrimination tasks only</i>	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Ekspirimentinis tyrimas	2	83 m. ir 71 m.	PR	1 vyr., 1 mot.
D. Palanker ir kiti, 2022 m. (29)	<i>Simultaneous perception of prosthetic and natural vision in AMD patients</i>	Subretinalinis tinklainės implantas <i>PRIMA</i>	Klinikinis tyrimas	5	75 m.	AMD	-
Intraokulinių lęšių tyrimai							
Jing Zhang ir kiti, 2018 m. (63)	<i>Posterior chamber phakic intraocular lens for the correction of high myopic anisometropic amblyopia in adults</i>	Fakiniai užpakalinės kameros IOL	Klinikinis tyrimas	13	Vidurkis 27 m.	Miopi-ja, ambliopi-ja	8 vyr., 5 mot.
Hongwei Zhou ir kiti, 2018 m. (64)	<i>The efficacy of accommodative versus monofocal intraocular lenses for cataract patients</i>	Akomodaciniai IOL, vienžidiniai IOL	Sisteminė apžvalga ir metaanalizė	1764*	61 m.–76 m.	Katarakta	-

B. de Luis Eguileor ir kiti, 2020 m. (6)	<i>Differences in intermediate vision: Monofocal intraocular lenses vs. monofocal extended depth of focus intraocular lenses</i>	Vienžidinis IOL Tecnis 1-piece, vienžidinis iššęsto židinio IOL Tecnis Eyhance	Stebėjimo tyrimas	30 (15 ir 15)	Tecnis 1-piece grupė 74 m., Tecnis Eyhance grupė 72 m.	Katarakta	Tecnis 1-piece grupė 3 vyr., 12 mot. Tecnis Eyhance grupė 8 vyr., 7 mot.
Dong Won Paik ir kiti, 2020 m. (44)	<i>Comparing the visual outcome, visual quality, and satisfaction among three types of multi-focal intraocular lenses</i>	Dvižidinis IOL Tencis, iššęsto židinio IOL Tencis Symphony, trižidinis IOL FineVision	Perspektyvinis tyrimas	60 (visur po 20)	Tencis grupė 60 m. Tencis Symphony grupė 60 m. Fine Vision grupė 57 m.	Katarakta, presbio-pija	Tencis grupė 8 vyr., 12 mot. Tencis Symphony grupė 7 vyr., 13 mot. FineVision grupė 6 vyr., 14 mot.
Kyoung Hae Kang ir kiti, 2021 m. (8)	<i>Visual Performance and Optical Quality after Implantation of a New Generation Monofocal Intraocular Lens</i>	Vienžidinis IOL Tecnis 1-piece, vienžidinis iššęsto židinio IOL Tecnis Eyhance	Lyginamasis tyrimas	197, (86 ir 111)	Tecnis 1-piece grupė 64 m. Tecnis Eyhance grupė 65 m.	Katarakta	Tecnis 1-piece grupė 35 vyr., 51 mot. Tecnis Eyhance grupė 54 vyr., 57 mot.
Brian M. Shafer ir kiti, 2022 m. (49)	<i>The REVIVE Study: Long Term Outcomes of a Novel Non-Diffractive Extended Vision IOL versus Monofocal Control IOL</i>	Iššęsto židinio IOL AcrySof IQ Vivity, vienžidinis IOL AcrySoft IQ Monofocal	Neintervenacinis tyrimas	32 (17 ir 15)	Vivity grupėje 70 m. Monofocal grupėje 76 m.	-	Vivity grupė 10 vyr., 7 mot. Monofocal grupė 4 vyr., 11 mot.
Akių protezų tyrimai							
Alexander C. Rokohl ir kiti, 2018 m.	<i>Concerns of anophthalmic patients—a comparison between cryolite glass and</i>	Kriolito stiklo ir polimetilmeta-	Stebėjimo tyrimas	68	>18 m.	Anoftalmija	44 vyr., 24 mot.

(53)	<i>polymethyl methacrylate prosthetic eye wearers</i>	krilato akių protezai					
Sébastien Ruiters ir kiti, 2021 m. (66)	<i>Measuring quality of care and life in patients with an ocular prosthesis</i>	Akių protezai	Stebėjimo tymas	100	>18 m.	Anof- tal- mija	48 vyr., 52 mot.

mot. – moterys, vyr. – vyrai, PR – pigmentinis retinitas, AMD – amžinė makulos/geltonosios dėmės degeneracija.

\* imtis vertinama ne dalyvių skaičiumi, kaip kitais atvejais, bet akių skaičiumi.

### 3 lentelė. Studijų, tyrusių akių implantų poveikį, rezultatai

Autorius, metai	Akies implantas	Tyrimo dizainas	Gydymo rezultatai	Nepageidaujamas poveikis
Tinklainės implantų tyrimai				
Robert G. Devenyi ir kiti, 2018 m. (59)	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Atvejų analizė	6 pacientams atliktas kvadrato lokalizacijos ir RA ištyrimas (judančių grotelių ir grotelių tyrimu), nustatytas RA (grotelių tyrimu) 1,6–2,9 logMAR su įjungtu prietaisu praėjus 3 savaitėms po operacijos. 5 iš 6 pacientų judančių grotelių RA buvo >2,9 logMAR, 1 ir 6 pacientų judančių grotelių RA <2,9 logMAR.	Komplikacijų nėra. 4 nesunkūs nepageidaujami reiškiniai. 1 pacientui po 6 mėn. nustatyta hifema.
Thomas L. Edwards ir kiti, 2018 m. (28)	Subretinalinis tinklainės implantas <i>Alpha AMS</i>	Klinikinis tyrimas	5 iš 6 pacientai gebėjo suvokti ir lokalizuoti šviesos šaltinį. 5 iš 6 pacientai su įjungtu implantu gebėjo identifikuoti didelio kontrasto objektus, atskirti pilkus tonus – bendras teisingų rezultatų procentas 59,2 (proc.) su įjungtu implantu, su išjungtu implantu – 23 proc. 5 iš 6 dalyvių stebimas kasdienio gyvenimo ir atpažinimo užduočių atlikimo pagerėjimas įvairiose srityse, išskyrus vietos radimą viešose erdvėse, vertinama – „ekstremaliai sudėtinga“ užduotis. Ženkliausias gerėjimas stebimas atliekant užduotis pažįstamoje aplinkoje, dažniausias vertinimas – „lengvas“ užduoties atlikimas.	2 pacientams nustatyta junginės erozija, 1 – tinklainės atšoka, 1 – odos bėrimas, 2 – implanto pažeidimai, 1 – implanto gedimas.
Mahiul M.K. Muqit ir kiti, 2019 m. (60)	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>IRIS II</i>	Klinikinis tyrimas	Po 3 mėn. pacientų kvadrato lokalizacijos tyrimo rezultatai su įjungtu implantu pagerėjo, lyginant su išjungtu, p=0,02. Judėsio krypties nustatymo tyrimo rezultatai geresni su įjungtu implantu, p=0,039. Judėsio krypties nustatymo paklaida be implanto yra 86 laipsniai, kai su implantu skirtumas tarp paciento pavaizduotos judėsio krypties ir teisingos judėsio krypties yra 34.5 laipsniai.	Nustatyti 6 sunkūs nepageidaujami reiškiniai, 11 nesunkių nepageidaujamų reiškinų, iš 4 iš 11 reiškinių susiję su procedūra, 2 – su procedūra ir prietaisu. 1 pacientui – tinklainės atšoka, 2 - akies hipotonija, 1 – stiklakūnio preretinalinė

			Vaizdo atpažinimas iš nuotraukų yra apsunkintas, teisingo atsakymo mediana – 6,45 proc.	trakcija, 1 – kairės kojos flebitas, 1 – akies skausmas.
Marie-Noëlle Delyfer ir kiti, 2021 m. (12)	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Stebėjimo tyrimas	Grotelių tyrimu nustatytas RA $\leq 2,9$ logMAR su įjungtu implantu. Nustatytas teigiamas implanto poveikis (pacientų vertinamas 71 proc.) FLORA tyrimo rezultatams. Orientacinių užduočių atlikimas pagerėjo 67 proc. Judėjimo užduočių atlikimas pagerėjo 80 proc. Kasdienės gyvenimo veiklos užduočių atlikimas pagerėjo 58 proc. Socialinės integracijos užduočių atlikimas pagerėjo 14 proc. Pacientai su įjungtu implantu gali nustatyti objekto vietą, su išjungtu – negali. Implantas neturėjo įtakos judesio krypties nustatymui.	12 pacientų nustatytas 21 nepageidaujamas reiškinys. 8 nepageidaujami reiškiniai siejami su prietaisu ir/ar procedūra – geltonosios dėmės edema, stiklakūnio hemoragija, gyslainės atšoka, junginės cista, endoftalmitas, infekcinis keratitas, ptozė, bilateralinis flebitas. Stiklakūnio hemoragijos ir endoftalmito rizika po 2 metų nuo operacijos yra 5,6 proc.
Lewis Karapanos ir kiti, 2021 m. (34)	Suprachoroidinis antros kartos (44 kanalų) tinklainės implantas	Eksperimentinis tyrimas	4 iš 4 pacientų gebėjo suvokti matomus fosfenus. FLORA rezultatai atskleidė, kad įjungtas implantas palengvina funkcinių regėjimo užduočių atlikimą, be implanto užduočių įvertis – „sunku“ atlikti, su implantu užduočių įvertis – „vidutiniškai sunku“, „lengva“ atlikti. FLORA užduočių gerėjimas stebimas iki 44 sav., po 44 sav. stebimi minimalūs rezultatų pokyčiai. Kasdienio gyvenimo užduočių atlikimo (pvz., durų suradimas) rezultatų pokyčiai buvo ženkliausi, tačiau nėra statistiškai reikšmingo pokyčio, $p > 0,05$ . Kasdienės užduotys iki implantacijos vertinamos kaip „neįmanomos“ atlikti, po operacijos užduočių įvertinimas – „vidutiniškai sunku“, „lengva“.	-
Young Hee Yoon ir kiti, 2021 m. (61)	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Atvejų analizė	Stebimas FLORA tyrimo užduočių atlikimo reikšmingas pagerėjimas atliekant orientacines, judėjimo ir kasdienio gyvenimo, socialinės integracijos užduotis. 5 iš 5 pacientų gebėjo skaityti raides E,T,D,R,S (50 cm atstumu) po 3 mėn. nuo implantacijos. 3 iš 5 pacientų gebėjo skaityti žodžius po 3 mėn. nuo implantacijos. 1 iš 5 pacientų gebėjo rašyti trumpus sakinius po 3 mėn. nuo implantacijos. Pacientų su įjungtu implantu gebėjimas nustatyti objekto vietą buvo tikslesnis. Implantas neturėjo įtakos judesio krypties nustatymui.	Komplikacijų, susijusių su prietaisu ir/ar operacija, nenustatyta.

Christie Braenne ir kiti, 2022 m. (62)	Epiretinalinis tinklainės implantas <i>Argus II</i>	Eksperimentinis tyrimas	<p>Dažniausiai pacientų nustatytos fosfenų sukeltos formos – apskritimai, ovalai, linijos, stačiakampiai.</p> <p>Pacientų matomų fosfenų judėjimo krypties nustatymo didžiausias tikslumas – 92 proc., mažiausias – 71 proc..</p> <p>Rodyklės krypties nustatymo tikslumas – 19 iš 20 bandymų teisingi, esant nuosekliai fosfenų sekos stimuliacijai. Sinchroninės stimuliacijos rezultatai 8 iš 20 bandymų teisingi ir 4 iš 20 bandymų teisingi, toks tikslumas vertinimas kaip atsitiktinis.</p> <p>1 iš 2 dalyvių gebėjo 40 proc. tikslumu identifikuoti K, O, V, Z raides.</p>	-
D. Palanker ir kiti, 2022 m. (29)	Subretinalinis tinklainės implantas <i>PRIMA</i>	Klinikinis tyrimas	<p>5 iš 5 pacientų išsaugotas liekamasis periferinis RA.</p> <p>5 iš 5 pacientų geba suvokti šviesos šaltinį.</p> <p>4 iš 5 pacientų RA yra 20/460-20/565 pagal Snellen testą.</p> <p>3 iš 5 pacientų elektroninis Landolt C optotipų padidinimas iki 8 kartų pagerino regėjimo aštrumą (įverčiai: 20/63, 20/70, 20/98).</p>	2 iš 5 pacientų pasireiškė implanto dislokacija. 1 pacientui dėl judesių, atliekant operaciją, įvyko implanto dislokacija į gyslainės vidų, kitam pacientui nustatytas 2 mm implanto poslinkis dėl pooperacinės galvos pozicijos nesilaikymo. 1 pacientas mirė tyrimų etape, mirtis nėra susijusi su prietaisu ar operacija.
Intraokulinių lęšių tyrimai				
Jing Zhang ir kiti, 2018 m. (63)	Fakiniai užpakalinės kameros IOL	Klinikinis tyrimas	<p>Vidutinė miopinė anizometropija nustatyta prieš operaciją <math>-10,70 \pm 3,02</math> D, 1 mėn. po operacijos <math>+0,09 \pm 1,67</math> D.</p> <p>Koreguotas tolimas RA: 3 dienos po operacijos pagerėjo – 1,69 logMAR, po 1 mėn. – 2,50 logMAR, po 3 mėn. – 3,01 logMAR, po 9 mėn. – 3,00 logMAR.</p> <p>Po operacijos kontrastinis jautrumas ženkliai pagerėjo abiejose akyse, <math>p &lt; 0,05</math>.</p>	2 pacientams nustatytas trumpalaikis akispūdžio padidėjimas
Hongwei Zhou ir kiti, 2018 m. (64)	Akomodaciniai IOL, vienžidiniai IOL	Sisteminė apžvalga ir metaanalizė	<p>Akomodaciniai IOL pasižymi geresniu koreguotu artimu RA nei vienžidiniai IOL, SVS = -1,84, PI = -2.56 iki -1.11.</p> <p>Akinių poreikis ženkliai mažesnis su akomodaciniais IOL, PI = 1.06 iki 8.89.</p> <p>Nėra reikšmingo koreguoto tolumo RA skirtumo tarp akomodacinių IOL ir vienžidinių IOL (SVS=0,03, PI = -0,01 iki 0,06) ir kontrastinio jautrumo (SVS = -0,19, PI = -0.45 iki 0.06) rezultatų.</p>	-

<p>B. de Luis Eguileor ir kiti, 2020 m. (6)</p>	<p>Vienžidinis IOL <i>Tecnis 1-piece</i>, vinžidinis iššesto židinio IOL <i>Tecnis Eyhance</i></p>	<p>Stebėjimo tyrimas</p>	<p>Po operacijos nėra nustatytas statistiškai reikšmingas refrakcijos skirtumas tarp <i>Tecnis 1-piece</i> grupės ir <i>Tecnis Eyhance</i> grupės pacientų, <math>p=0,205</math>.  Tolimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,00 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,02 logMAR, <math>p=0,703</math>.  Artimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,45 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,26 logMAR, <math>p&lt;0,001</math>.</p>	<p>-</p>
<p>Dong Won Paik ir kiti, 2020 m. (44)</p>	<p>Dvižidinis IOL <i>Tecnis</i>, iššesto židinio IOL <i>Tecnis Symphony</i>, trižidinis IOL <i>FineVision</i></p>	<p>Perspektyvinis tyrimas</p>	<p>Prieš operaciją:  Nekoreguotas tolimas RA: <i>Tecnis</i> grupė – <math>0,58\pm 0,45</math> logMAR, <i>Tecnis Symphony</i> grupė – <math>0,49\pm 0,35</math> logMAR, <i>FineVision</i> grupė – <math>0,63\pm 0,50</math> logMAR, <math>p=0,371</math>.  Po operacijos:  Nekoreguotas tolimas RA: <i>Tecnis</i> grupė – <math>0,08\pm 0,10</math> logMAR, <i>Tecnis Symphony</i> grupė – <math>0,10\pm 0,07</math> logMAR, <i>FineVision</i> grupė – <math>0,12\pm 0,08</math>, <math>p=0,411</math>  Nekoreguotas tarpinis RA (60 cm): <i>Tecnis</i> grupė – <math>0,09\pm 0,09</math> logMAR, <i>Tecnis Symphony</i> grupė – <math>0,10\pm 0,12</math> logMAR, <i>FineVision</i> grupė – <math>0,10\pm 0,10</math>, <math>p=0,887</math>  Nekoreguotas artimas RA (33 cm): <i>Tecnis</i> grupė – <math>0,25\pm 0,11</math> logMAR, <i>Tecnis Symphony</i> grupė – <math>0,33\pm 0,14</math> logMAR, <i>FineVision</i> grupė – <math>0,18\pm 0,10</math>, <math>p=0,003</math>.  Priklausymas nuo skaitymo akinių būdingiausias <i>Tecnis Symphony</i> grupei, <math>p&lt;0,001</math>.  <i>Tecnis Symphony</i> grupės kontrastinis jautrumas ženkliai mažesnis už <i>FineVision</i> grupės (<math>p=0,003</math>).</p>	<p>Akinimas, miglotas vaizdas, neryškus matymas dažnesnis (<math>p&lt;0,05</math>) <i>Tecnis Symphony</i>, <i>FineVision</i> grupėse.</p>
<p>Kyoung Hae Kang ir kiti, 2021 m. (8)</p>	<p>Vienžidinis IOL <i>Tecnis 1-piece</i>, iššesto židinio IOL <i>Tecnis Eyhance</i></p>	<p>Lyginamasis tyrimas</p>	<p>Prieš operaciją:  Nekoreguotas tolimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,57 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupės – 0,58 logMAR, <math>p=0,848</math>.  Koreguotas tolimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,30 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,33 logMAR, <math>p=0,433</math>.  Po operacijos:  Nekoreguotas tolimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,11 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,10 logMAR, <math>p=0,451</math>.  Koreguotas tolimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,04 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,03 logMAR, <math>p=0,215</math>.</p>	<p>-</p>



			<p>Nekoreguotas tarpinis RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,24 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,34 logMAR, p&lt;0,001.</p> <p>Nekoreguotas artimas RA: <i>Tecnis 1-piece</i> grupė – 0,46 logMAR, <i>Tecnis Eyhance</i> grupė – 0,51 logMAR, p=0,038.</p>	
Brian M. Shafer ir kiti, 2022 m. (49)	Ištęsto židinio IOL <i>AcrySof IQ Vivity</i> , vienžidinis IOL <i>AcrySoft IQ Monofocal</i>	Neintervencinis tyrimas	<p>Koreguotas tolimas RA: <i>Vivity</i> grupė – -0,01 logMAR, <i>Monofocal</i> grupė – 0,00 logMAR, p=0,700.</p> <p>Koreguotas tarpinis RA: <i>Vivity</i> grupė – -0,11 logMAR, <i>Monofocal</i> grupė – 0,33 logMAR, p=0,003.</p> <p>Koreguotas artimas RA: <i>Vivity</i> grupė – -0,30 logMAR, <i>Monofocal</i> grupė – 0,55 logMAR, p=0,002.</p> <p>Nekoreguotas tolimas RA: <i>Vivity</i> grupė – -0,07 logMAR, <i>Monofocal</i> grupė – 0,03 logMAR, p=0,326.</p> <p>Nekoreguotas tarpinis RA: <i>Vivity</i> grupė – 0,18 logMAR, <i>Monofocal</i> grupė – 0,29 logMAR, p=0,098.</p> <p>Nekoreguotas artimas RA: <i>Vivity</i> grupė – 0,30 logMAR, <i>Monofocal</i> grupė – 0,50 logMAR, p=0,01.</p>	Akinimas ir aberacijos <i>Monofocal</i> grupėje pasireiškė 34 proc., <i>Vivity</i> grupėje – 7 proc., p = 0,023
Akių protezų tyrimai				
Alexander C. Rokohl ir kiti, 2018 m. (53)	Kriolito stiklo ir polimetilmetakrilato akių protezai	Stebėjimo tyrimas	<p>Vertinami su stikliniais ir PMMA akių protezais siejami aspektai, keliantys pacientų susirūpinimą:</p> <p>Išvaizdos pokytis – nėra skirtumo, p=0,365.</p> <p>Akies protezo judesiai – nėra skirtumo, p=0,101.</p> <p>Akies protezo komfortas – yra skirtumas, p=&lt;0,001, didesnis susirūpinimas PMMA grupėje.</p> <p>Protezo dydis – nėra skirtumo, p=0,007.</p> <p>Protezo priežiūra – yra skirtumas, p&lt;0,001, didesnis susirūpinimas PMMA grupėje.</p> <p>Protezo spalva – yra skirtumas, p&lt;0,001.</p>	-
Sébastien Ruiters ir kiti, 2021 m. (66)	Akių protezai	Stebėjimo tyrimas	<p>30 iš 100 pacientų pažymi, kad „jaučia“ dirbtinį akies protezą.</p> <p>68 iš 100 pacientų yra patenkinti akies protezo panašumu į natūralią akį.</p> <p>60 iš 100 pacientų akies protezo ir natūralios akies judrumas skyrėsi.</p> <p>24 iš 100 pacientų dažnai, 33 iš 100 pacientų su akių protezais visada jaučiasi pasitikintys savimi, išskyrus atvejus, kai žmogus stovi protezuotos akies pusėje (61 iš 100).</p>	<p>Iš 100 pacientų 30 patiria pusiausvyros sutrikimus,</p> <p>41 – gylgio suvokimo sutrikimus,</p> <p>43 jaučia protezo sukiamą dirginimą, 15 – skausmą,</p> <p>68 pažymi išskyrų susidarymą nešiojant protezą, 20 – didesnį ašarojimą.</p>

			Pagal VAS vertinimo skalę, funkciniai gebėjimai ir priežiūra, turint vieną akį, vertinama 7,5 balais, funkciniai gebėjimai su protezu, dėvėjimo komfortas, judrumas, palyginti su sveika akimi, vertinami 7,2 balais, protezo išvaizda ir veido išvaizda po akies pašalinimo – 7,2 balai, psichinė sveikata ir socialumas – 7,3 balai.	
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

FLORA – silpnaregystės vertinimo metodas, vertinantis orientacinių, judėjimo, kasdienio gyvenimo, socialinės integracijos užduočių atlikimą (12). RA – regėjimo aštrumas, PI – pasikliautinis intervalas, p – reikšmingumo lygmuo, SVS – standartinis vidutinis skirtumas, VAS – išvaizdos vertinimo skalė, vertinama nuo 0 (labai blogai) iki 10 (labai gerai).

## IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Naujausi klinikiniai tyrimai ir apžvalgos apie bionines akis atskleidė pažangą pigmentinio retinito, amžinės geltonosios dėmės degeneracijos gydyme. Moksliniai tyrimai įrodo, kad tinklainės implantai yra patikimas ir veiksmingas metodas, minimaliai atkuriantis regėjimo funkciją jos netekusiems pacientams. Dabar pasaulyje yra trys Europos Sąjungos patvirtinti ir komerciškai naudojami tinklainės implantai – epiretinalinis *Argus II*, subretinalinis *Alpha AMS*, epiretinalinis *IRIS II*. Bioninių akių tyrimų rezultatai atskleidžia didesnę pacientų regėjimo aštrumą ir geresnę savarankiškų užduočių atlikimą su implantu, tačiau rezultatai nėra vienareikšmiai. Epiretinalinis tinklainės implantas *Argus II* yra labiausiai ištyrinėtas ir dažniausiai klinikinėje praktikoje naudojamas implantas dėl įrodyto biologinio suderinamumo, patikimumo ir naudos pacientams, tačiau nėra išvengiama su procedūra ar implantu siejamo nepageidaujamo poveikio. Subretinaliniai tinklainės protezai yra fiziologiškesni dėl implantacijos vietos, pasižymi didesne vaizdo skiriamąja geba, bet yra didesnė tinklainės atšokos rizika. Suprachoroidinių tinklainės implantų implantacija yra mažiau invazyvi, tačiau didesnis atstumas tarp implanto ir tinklainės reikalauja stipresnės stimuliacijos, kuri sumažina skiriamąją gebą ir padidina nepageidujamų reiškinių riziką.

Vienžidinių lęšių ribotas tolumo arba artimo atstumo matymas skatino tobulinti ir kurti naujas intraokulinių lęšių technologijas, skirtas kataraktos, presbiopijos, refrakcijos ydų korekcijai. Naujos kartos vienažidiniai ištęsto židinio lęšiai gerina matymą iš tarpinio ir tolumo atstumų, pasižymi mažesniu nepageidujamų reiškinių dažniu, tačiau nauda artimo atstumo korekcijoje yra abejotina. Naujos kartos daugiažidiniams ištęsto židinio *AcrySof IQ Vivity* lęšiams būdingas geresnis artimo ir tarpinio atstumo matymas, regėjimas į tolį išlieka panašus kaip ir kitų daugiažidinių lęšių atvejais. Nuo vyzdžio priklausomi trižidiniai lęšiai dienos šviesoje riboja tolumo atstumo matymą, o naujos kartos intraokuliniai lęšiai užtikrina įvairių atstumų matymą nepriklausomai nuo vyzdžio. Daugiažidiniai lęšiai pasižymi retu korekcijos akiniais poreikiu, tačiau problematiškas išlieka dažnas nepageidujamų reiškinių poveikis. Trūkumu laikoma ir maža akomodacinių lęšių judesio amplitudė, todėl lęšių

akomodacijos tobulinimui reikalingi tolesni tyrimai ir naujos technologijos. Fakiniai intraokuliniai lęšiai indikuotini didelę miopiją turintiems pacientams, bet galimas regėjimo aštrumo mažėjimas ateityje kelia naujus iššūkius. Akių protezai gerina pacientų fizinę išvaizdą ir gyvenimo kokybę, tačiau turi trūkumų, kuriuos siekiama išspręsti naujos kartos spausdintais trimačiais akių protezais. Vis dėlto nėra nė vieno akių implanto, gebančio atkurti visavertę regėjimo funkciją, kuri būtų artima natūraliam regėjimui ir nesukeltų nepageidaujamų reiškinių.

Remiantis įvairių sričių (mokslo, elektronikos, chirurginių technologijų) pažanga, bioninių akių kūrėjams galima būtų siūlyti priimti tokį technologinį sprendimą, siejamą su bioninės akies dizainu ir veikimo principu, kuris būtų taikomas ne tik pigmentiniu retininiu ir amžine geltonosios dėmės degeneracija sergantiems pacientams, bet ir didesnei pacientų grupei. Siūloma atkreipti dėmesį į tinklainės implantų vertinimo metodus, rezultatų palyginimui ateityje reikalingas tyrimo vertinimo standartizavimas. Siekiant objektyviai įvertinti intraokulinių lęšių veiksmingumą, ateityje siūloma nagrinėti didesnės imties intraokulinių lęšių studijas, ypač vertinančias akomodacinius ir fakinius lęšius su kitų rūšių lęšiais. Ateityje siūloma sukurti naujus intraokulinius lęšius, kurie būtų nepriklausomi nuo vyzdžio, vienodai gerai koreguotų visų atstumų regėjimo aštrumą ir išvengtų su lęšiais siejamų nepageidaujamų reiškinių.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. World Health Organization. World Health Organization . World Report on Vision. World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2019. Adresas: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241516570>
2. Nowik K, Langwińska-Wośko E, Skopiński P, Nowik KE, Szaflik JP. Bionic eye review – An update. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2020 m. rugpjūčio 1 d.;78:8–19.
3. Sabel BA, Richard G. Retinal prosthesis and “bionic eyes” for vision restoration in the blind: From dawn to dusk. *Clinical Neurophysiology*. 2020 m. birželio 1 d.;131(6):1375–8.
4. Shrivastava KJ, Shrivastava S, Yadav NS, Gupta S. Rehabilitation of unilateral loss of eye with customized ocular prosthesis: Case series. *Indian Journal of Dental Research*. 2020 m. sausio 3 d.;31(2):326.
5. Hamid MS, Jin ML, Everett KJ. Advanced Technology Intraocular Lenses. *Advances in Ophthalmology and Optometry*. 2022 m. rugpjūčio 1 d.;7(1):187–99.
6. de Luis Eguileor B, Martínez-Indart L, Martínez Alday N, Sacristán Eguén C, Cuadros Sánchez C. Differences in intermediate vision: Monofocal intraocular lenses vs. monofocal extended depth of focus intraocular lenses. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*. 2020 m. lapkričio 1 d.;95(11):523–7.
7. Zhu Y, Zhong Y, Fu Y. The effects of premium intraocular lenses on presbyopia treatments. *Advances in Ophthalmology Practice and Research*. 2022 m. gegužės 1 d.;2(1):100042.
8. Kang KH, Song MY, Kim KY, Hwang KY, Kwon YA, Koh K. Visual Performance and Optical Quality after Implantation of a New Generation Monofocal Intraocular Lens. *Korean J Ophthalmol*. 2021 m. balandžio;35(2):112–9.
9. Bloch E, Luo Y, da Cruz L. Advances in retinal prosthesis systems. *Ther Adv Ophthalmol*. 2019 m. sausio 17 d.;11:2515841418817501.
10. Mirochnik RM, Pezaris JS. Contemporary approaches to visual prostheses. *Mil Med Res*. 2019 m. birželio 5 d.;6:1.

11. Ayton LN, Barnes N, Dagnelie G, Fujikado T, Goetz G, Hornig R, ir kt. An update on retinal prostheses. *Clin Neurophysiol.* 2020 m. birželio;131(6):1383–98.
12. Delyfer MN, Gaucher D, Mohand-Saïd S, Barale PO, Rezaigua-Studer F, Ayello-Scheer S, ir kt. Improved performance and safety from Argus II retinal prosthesis post-approval study in France. *Acta Ophthalmologica.* 2021 m.;99(7):e1212–21.
13. The bionic eye: a review - Ong - 2012 - *Clinical & Experimental Ophthalmology* - Wiley Online Library. Adresas: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1442-9071.2011.02590.x>
14. The sensations produced by electrical stimulation of the visual cortex - PMC. Adresas: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1351724/>
15. Retinal prostheses: Where to from here? - Allen - 2021 - *Clinical & Experimental Ophthalmology* - Wiley Online Library. Adresas: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ceo.13950>
16. Erickson-Davis C, Korzybska H. What do blind people “see” with retinal prostheses? Observations and qualitative reports of epiretinal implant users. *PLoS One.* 2021 m. vasario 10 d.;16(2):e0229189.
17. Malhotra H, Barnes CL, Calvert PD. Functional Compartmentalization of Photoreceptor Neurons. *Pflugers Arch.* 2021 m. rugsėjo;473(9):1493–516.
18. Alladdin Makawi, B.S, Vinay A. Shah M.D., Peter Hao Tang, M.D., Ph.D., Leo A. Kim, MD, PhD, Dr John Davis Akkara (MBBS, MS, FAEH, FMRF), Sandra R. Montezuma, MD, Sandra R. Montezuma, MD. Retina Prosthesis. *American academy of ophthalmology.* 2022.
19. Caravaca-Rodriguez D, Gaytan SP, Suaning GJ, Barriga-Rivera A. Implications of Neural Plasticity in Retinal Prosthesis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science.* 2022 m. spalio 17 d.;63(11):11.
20. Montazeri L, El Zarif N, Trenholm S, Sawan M. Optogenetic Stimulation for Restoring Vision to Patients Suffering From Retinal Degenerative Diseases: Current Strategies and Future Directions. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems.* 2019 m. gruodžio;13(6):1792–807.
21. Özmert E, Arslan U. Retinal Prostheses and Artificial Vision. *Turk J Ophthalmol.* 2019 m. rugsėjo 3 d.;49(4):213–9.
22. White J, Knight L, da Cruz L, Stanga PE, Patrick H, Powell H, ir kt. Effects of the Argus II Retinal Prosthesis System on the Quality of Life of Patients With Ultra-Low Vision Due to Retinitis Pigmentosa: Protocol for a Single-Arm, Mixed Methods Study. *JMIR Res Protoc.* 2021 m. sausio 20 d.;10(1):e17436.
23. Maimon A, Yizhar O, Buchs G, Heimler B, Amedi A. A case study in phenomenology of visual experience with retinal prosthesis versus visual-to-auditory sensory substitution. *Neuropsychologia.* 2022 m. rugpjūčio 13 d.;173:108305.
24. Rizzo S, Barale PO, Ayello-Scheer S, Devenyi RG, Delyfer MN, Korobelnik JF, ir kt. ADVERSE EVENTS OF THE ARGUS II RETINAL PROSTHESIS: Incidence, Causes, and Best Practices for Managing and Preventing Conjunctival Erosion. *RETINA.* 2020 m. vasario;40(2):303.
25. Practical Concepts With the Argus II Retinal Prosthesis [Prieiga per internetą]. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina.* Adresas: <https://journals.healio.com/doi/10.3928/23258160-20181002-01>
26. Rehabilitation of lost functional vision with the Argus II retinal prosthesis - *Canadian Journal of Ophthalmology.* Adresas: [https://www.canadianjournalofophthalmology.ca/article/S00084182\(17\)309729/fulltext?fbclid=IwAR3m4QryU\\_xC3fXpPNTBDThLCKnLGEk4Qtoj5xzoAF4dTdgz0xUbUtGTxuk](https://www.canadianjournalofophthalmology.ca/article/S00084182(17)309729/fulltext?fbclid=IwAR3m4QryU_xC3fXpPNTBDThLCKnLGEk4Qtoj5xzoAF4dTdgz0xUbUtGTxuk)
27. Caspi A, Roy A, Wuyyuru V, Rosendall PE, Harper JW, Katyal KD, ir kt. Eye Movement Control in the Argus II Retinal-Prosthesis Enables Reduced Head Movement and Better Localization Precision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science.* 2018 m. vasario 1 d.;59(2):792–802.
28. Edwards TL, Cottrill CL, Xue K, Simunovic MP, Ramsden JD, Zrenner E, ir kt. Assessment of the Electronic Retinal Implant Alpha AMS in Restoring Vision to Blind Patients with End-Stage Retinitis Pigmentosa. *Ophthalmology.* 2018 m. kovo 1 d.;125(3):432–43.
29. Palanker D, Le Mer Y, Mohand-Saïd S, Sahel JA. Simultaneous perception of prosthetic and natural vision in AMD patients. *Nat Commun.* 2022 m. sausio 26 d.;13:513.

30. Trinh M, Ackerman I, Weiss A, Lieberman R. Update and Advances in Retinal Prostheses. *Advances in Ophthalmology and Optometry*. 2020 m. rugpjūčio 1 d.;5:133–40.
31. Bellapianta A, Cetkovic A, Bolz M, Salti A. Retinal Organoids and Retinal Prostheses: An Overview. *Int J Mol Sci*. 2022 m. kovo 8 d.;23(6):2922.
32. Palanker D, Le Mer Y, Mohand-Said S, Muqit M, Sahel JA. Photovoltaic Restoration of Central Vision in Atrophic Age-Related Macular Degeneration. *Ophthalmology*. 2020 m. rugpjūčio;127(8):1097–104.
33. Wang J, Zhao R, Li P, Fang Z, Li Q, Han Y, ir kt. Clinical Progress and Optimization of Information Processing in Artificial Visual Prostheses. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2022 m. rugsėjo;22(17). Adresas: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9460383/>
34. Karapanos L, Abbott CJ, Ayton LN, Kolic M, McGuinness MB, Baglin EK, ir kt. Functional Vision in the Real-World Environment With a Second-Generation (44-Channel) Suprachoroidal Retinal Prosthesis. *Transl Vis Sci Technol*. 2021 m. rugpjūčio 12 d.;10(10):7.
35. V. Jašinskas, D. Žaliūnienė, R. Žemaitienė, D. Čebatorienė, U. Rumelaitienė. *Dirbtinių intraokulinių lęšių raida*. Kaunas, Lietuvos sveikatos mokslų universitetas: LSMU Leidybos namai; 2018. 120 p.
36. Park ES, Ahn H, Han SU, Jun I, Seo KY, Kim EK, ir kt. Visual outcomes, spectacle independence, and patient satisfaction of pseudophakic mini-monovision using a new monofocal intraocular lens. *Sci Rep*. 2022 m. gruodžio 15 d.;12:21716.
37. July 22 P, Tweet 2008. The Tecnis 1-Piece Aspheric IOL. Adresas: <http://www.opthalmologyweb.com/Featured-Articles/20028-The-Tecnis-1-Piece-Aspheric-IOL/>
38. 219group. TECNIS® Multifocal Lenses - Houston,TX - Katy,TX. Whitsett Vision Group. Adresas: <https://www.whitsettvision.com/cataract-surgery/custom-lens-implants/multifocal-iols/tecnis-multifocal-lens/>
39. Intraocular Lens Orange | Cataracts Orange County | Harvard Eye. Harvard Eye Associates. Adresas: <https://harvardeye.com/cataracts-orange-county/premium-lens-options/>
40. Vryghem J, Heireman S. Visual performance after the implantation of a new trifocal intraocular lens. *Clinical ophthalmology (Auckland, NZ)*. 2013 m. spalio 1 d.;7:1957–65.
41. Crystalens AO IOL's – LENSE HOME. Adresas: <https://lensehome.com/product/crystalens-ao-iols/>
42. Martinez-Perez C, Alvarez-Peregrina C, Villa-Collar C, Arance-Gil A, Sánchez-Tena MA. Citation network analysis of the various types of multifocal intraocular lenses. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*. 2021 m. spalio 1 d.;96(10):527–44.
43. Grzybowski A, Kanclerz P, Tuuminen R. Multifocal intraocular lenses and retinal diseases. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2020 m. balandžio;258(4):805–13.
44. Paik DW, Park JS, Yang CM, Lim DH, Chung TY. Comparing the visual outcome, visual quality, and satisfaction among three types of multi-focal intraocular lenses. *Sci Rep*. 2020 m. rugsėjo 9 d.;10:14832.
45. Rampat R, Gatinel D. Multifocal and Extended Depth-of-Focus Intraocular Lenses in 2020. *Ophthalmology*. 2021 m. lapkričio;128(11):e164–85.
46. Yang CM, Lim DH, Hwang S, Hyun J, Chung TY. Prospective study of bilateral mix-and-match implantation of diffractive multifocal intraocular lenses in Koreans. *BMC Ophthalmol*. 2018 m. kovo 7 d.;18:73.
47. Karuppiah P, Varman NVA, Varman A, Balakumar D. Comparison of clinical outcomes of trifocal intraocular lens (AT LISA, Eyecryl SERT trifocal) versus extended depth of focus intraocular lens (Eyhance, Eyecryl SERT EDOF). *Indian J Ophthalmol*. 2022 m. rugpjūčio;70(8):2867–71.
48. Kanclerz P, Toto F, Grzybowski A, Alio JL. Extended Depth-of-Field Intraocular Lenses: An Update. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020 m. birželio;9(3):194–202.
49. Shafer BM, McCabe C, Reiser H, Newsom TH, Berdahl J. The REVIVE Study: Long Term Outcomes of a Novel Non-Diffractive Extended Vision IOL versus Monofocal Control IOL. *Clinical Ophthalmology*. 2022 m. gruodžio 31 d.;16:3945–50.
50. Gundersen KG, Potvin R. Clinical Outcomes and Quality of Vision Associated with Bilateral Implantation of a Wavefront Shaping Presbyopia Correcting Intraocular Lens. *Clinical Ophthalmology*. 2021 m. gruodžio 31 d.;15:4723–30.

51. Jonker SMR, Berendschot TTJM, Saelens IEY, Bauer NJC, Nuijts RMMA. Phakic intraocular lenses: An overview. *Indian J Ophthalmol*. 2020 m. gruodžio;68(12):2779–96.
52. Ang M, Gatinel D, Reinstein DZ, Mertens E, Alió Del Barrio JL, Alió JL. Refractive surgery beyond 2020. *Eye (Lond)*. 2021 m. vasario;35(2):362–82.
53. Rokohl AC, Koch KR, Adler W, Trester M, Trester W, Pine NS, ir kt. Concerns of anophthalmic patients—a comparison between cryolite glass and polymethyl methacrylate prosthetic eye wearers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018 m. birželio 1 d.;256(6):1203–8.
54. Pine KR, De Silva K, Zhang F, Yeoman J, Jacobs R. Towards improving the biocompatibility of prosthetic eyes. *Heliyon*. 2021 m. vasario 18 d.;7(2):e06234.
55. Vardizer Y, Sobeh T, Prat DL, Ben Simon GJ, Tomkins-Netzer O. Assessing the results of anophthalmic prostheses. *Indian J Ophthalmol*. 2021 m. liepos;69(7):1876–81.
56. Tsui JKS, Bell S, Cruz L da, Dick AD, Sagoo MS. Applications of three-dimensional printing in ophthalmology. *Survey of Ophthalmology*. 2022 m. liepos 1 d.;67(4):1287–310.
57. Rokohl AC, Trester M, Pine KR, Heindl LM. Risk of breakage of cryolite glass prosthetic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2019 m. vasario 1 d.;257(2):437–8.
58. Sommer AC, Blumenthal EZ. Implementations of 3D printing in ophthalmology. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2019 m. rugsėjo 1 d.;257(9):1815–22.
59. Devenyi RG, Manusow J, Patino BE, Mongy M, Markowitz M, Markowitz SN. The Toronto experience with the Argus II retinal prosthesis: new technology, new hope for patients. *Canadian Journal of Ophthalmology*. 2018 m. vasario 1 d.;53(1):9–13.
60. Muqit MMK, Velikay-Parel M, Weber M, Dupeyron G, Audemard D, Corcostegui B, ir kt. Six-Month Safety and Efficacy of the Intelligent Retinal Implant System II Device in Retinitis Pigmentosa. *Ophthalmology*. 2019 m. balandžio 1 d.;126(4):637–9.
61. Yoon YH, Humayun MS, Kim YJ. One-Year Anatomical and Functional Outcomes of the Argus II Implantation in Korean Patients with Late-Stage Retinitis Pigmentosa: A Prospective Case Series Study. *Ophthalmologica*. 2021 m. rugsėjo;244(4):291–300.
62. Christie B, Sadeghi R, Kartha A, Caspi A, Tenore FV, Klatzky RL, ir kt. Sequential epiretinal stimulation improves discrimination in simple shape discrimination tasks only. *J Neural Eng*. 2022 m. birželio;19(3):036033.
63. Zhang J, Zhuang J, Yu KM. Posterior chamber phakic intraocular lens for the correction of high myopic anisometropic amblyopia in adults. *Int J Ophthalmol*. 2018 m. lapkričio 18 d.;11(11):1870–4.
64. Zhou H, Zhu C, Xu W, Zhou F. The efficacy of accommodative versus monofocal intraocular lenses for cataract patients. *Medicine (Baltimore)*. 2018 m. spalio 5 d.;97(40):e12693.
65. Cho JY, Won YK, Park J, Nam JH, Hong JY, Min S, ir kt. Visual Outcomes and Optical Quality of Accommodative, Multifocal, Extended Depth-of-Focus, and Monofocal Intraocular Lenses in Presbyopia-Correcting Cataract Surgery: A Systematic Review and Bayesian Network Meta-analysis. *JAMA Ophthalmology*. 2022 m. lapkričio 1 d.;140(11):1045–53.
66. Ruiters S, De Jong S, Mombaerts I. Measuring quality of care and life in patients with an ocular prosthesis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021 m. liepos 1 d.;259(7):2017–25.