

<https://doi.org/10.15388/vu.thesis.878>

<https://orcid.org/0009-0007-3074-1829>

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Justina

SKRUODYTĖ

Cheminių akių nudegimų sukelti struktūriniai ir funkciniai pokyčiai, klinikinė analizė ir reikšmė visuomenės sveikatai

DAKTARO DISERTACIJA

Medicinos ir sveikatos mokslai,
medicina (M 001)

VILNIUS 2025

Disertacija rengta 2021–2025 metais Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Klinikinės medicinos instituto Skubios medicinos klinikoje.

Mokslinis vadovas – prof. dr. Pranas Šerpytis (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Gynimo taryba:

Pirmininkė – prof. dr. Janina Tutkuvienė (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Nariai:

dr. Rakesh Jalali (Varmijos Mozūrų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001),

prof. habil. dr. Aivaras Kareiva (Vilniaus universitetas, gamtos mokslai, chemija – N 003),

prof. dr. Robertas Stasys Samalavičius (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001),

prof. dr. Dalia Žaliūnienė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Disertacija ginama viešame Gynimo tarybos posėdyje 2025 m. gruodžio mėn. 22 d. 13 valandą Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Medicinos mokslo centras. Adresas: Žaliųjų Ežerų g. 2, Vilnius, Lietuva, konferencijų salė D1-16.1, tel. +370 5 239 8700; el. paštas mf@mf.vu.lt

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto bibliotekoje ir VU interneto svetainėje adresu:

<https://www.vu.lt/naujienos/ivykiu-kalendorius>

VILNIUS UNIVERSITY

Justina
SKRUODYTĖ

Structural and Functional Changes Caused by Chemical Eye Burns, Clinical Analysis and Public Health Significance

DOCTORAL DISSERTATION

Medical and Health Sciences,
Medicine (M 001)

VILNIUS 2025

The dissertation was prepared between 2021 and 2025 at the Department of Emergency Medicine, Institute of Clinical Medicine, Faculty of Medicine, Vilnius University.

Academic Supervisor – Prof. Dr. Pranas Šerpytis (Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001)

Chairman Chairperson – Prof. Dr. Janina Tutkuvienė (Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001)

Members:

Dr. Rakesh Jalali (University of Warmia and Mazury, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001),

Prof. Habil. Dr. Aivaras Kareiva (Vilnius University, Natural Sciences, Chemistry – N 003),

Prof. Dr. Robertas Stasys Samalavičius Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001),

Prof. Dr. Dalia Žaliūnienė (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001).

The dissertation shall be defended at a public meeting of the Dissertation Defence Panel at 1 p.m. on December 22, 2025, at the Vilnius University Faculty of Medicine, Medical Science Centre.

Address: Žaliųjų Ežerų St. 2, Conference Hall D1-16.1, Vilnius, Lithuania.

Tel. +370 5 239 8700; e-mail: mf@mf.vu.lt

The text of this dissertation can be accessed at the library of Vilnius University, as well as on the website of Vilnius University:

www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius

TURINYS

1. ĮVADAS	9
1.1. Darbo aktualumas ir reikšmė	9
1.2. Darbo naujumas	10
1.3. Darbo tikslas ir uždaviniai	11
1.4. Darbo praktinė reikšmė	11
1.5. Disertacijos autorės indėlis į nagrinėjamą problematiką	12
2. LITERATŪROS APŽVALGA	13
2.1. Įvadas į disertacinio darbo problematiką	13
2.1.1. Cheminiai akių nudegimai: epidemiologija	13
2.1.2. Etiologija	14
2.1.3. Patogenezė	15
2.1.4. Klasifikacija	19
2.1.5. Gydymas	21
2.2. Užpakalinis akies segmentas cheminio nudegimo metu	25
2.2.1. Užpakalinio akies segmento pažeidimo patofiziologija	25
2.2.2. Gydyimo galimybės	27
2.2.3. Ateities perspektyvos	28
2.3. Visuomenės informuotumas	30
2.3.1. Visuomenės žinių svarba akių traumų prevencijai	30
2.3.2. Žinių trūkumas, edukacijos poreikis	31
3. DARBO MEDŽIAGA IR METODAI	33
3.1. Klinikinis tyrimas	33
3.1.1. Tyrimo vieta, apimtis, įtraukimo ir atmetimo kriterijai	33
3.1.2. Tiriamųjų oftalmologinis ištyrimas	35
3.1.3. Statistinė analizė	39
3.2. Visuomenės apklausa	40
3.2.1. Tiriamųjų anketavimas	40
3.2.2. Statistinė analizė	41

4. REZULTATAI	43
4.1. Klinikinis tyrimas	43
4.1.1. Tiriamųjų demografinės ir klinikinės charakteristikos	43
4.1.2. Akių cheminių nudegimų sunkumo pasiskirstymas pagal Dua klasifikaciją	45
4.1.3. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių pokyčiai	45
4.1.4. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių pokyčių dinamika praėjus 3 ir 6 mėnesiams	47
4.1.5. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių plonėjimo rizikos veiksniai.....	47
4.1.6. Tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio pokyčių sąsajos su nudegimo sunkumu pagal Dua klasifikaciją	48
4.2. Visuomenės apklausa.....	49
4.2.1. Respondentų demografinės charakteristikos.....	49
4.2.2. Žinios apie cheminius akių nudegimus ir pirmąją pagalbą.....	50
4.2.3. Žinių lygio vertinimas, sąsajos su demografiniais veiksniais ir asmenine patirtimi.....	52
5. REZULTATŲ APTARIMAS.....	54
5.1. Klinikinio tyrimo rezultatų aptarimas.....	54
5.1.1. Klinikinė ir epidemiologinė charakteristika.....	54
5.1.2. Akių cheminių nudegimų sunkumo pasiskirstymas pagal Dua klasifikaciją	55
5.1.3. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių rodiklių pokyčiai	56
5.1.4. Rizikos veiksniai	56
5.1.5. Klinikinė reikšmė	57
5.1.6. Tyrimo stiprybės, ribotumai ir ateities kryptys	57
5.2. Visuomenės apklausos rezultatų aptarimas.....	58
5.2.1. Demografinės charakteristikos ir jų sąsajos su žinių lygiu	58
5.2.2. Žinių lygio vertinimas	59
5.2.3. Pirmosios pagalbos pasirinkimas	59

5.2.4. Nuomonės apie šarminių ir rūgštinių nudegimų pavojingumą	60
5.2.5. Klinikinė ir visuomeninė reikšmė	61
5.2.6. Visuomenės apklausos tyrimo ribotumai	61
5.2.7. Visuomenės apklausos tyrimo rezultatų apibendrinimas, rekomendacijos ateities tyrimams	61
IŠVADOS.....	63
REKOMENDACIJOS IR DARBO TĘSTINUMAS.....	64
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	66
PRIEDAI	81
SANTRAUKA / SUMMARY.....	85
PADĖKA.....	107
PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS	108
GYVENIMO APRAŠYMAS.....	109

SANTRUMPOS

AKS – arterinis kraujo spaudimas
APS – akies perfuzinis spaudimas
CRS – centrinis ragenos storis
GKRA – geriausias koreguotas regos aštrumas
GL – ganglinės ląstelės
GLS – ganglinių ląstelių sluoksnis
IL – interleukinas
IOS – intraokulinis spaudimas
KEAF – kraujagyslių endotelio augimo faktorius
MMP – matrikso metaloproteinazė
OKT – optinė koherentinė tomografija
PI – pasikliautinasis intervalas
PMN – polimorfonukleariniai infiltratai
ROS – reaktyviosios deguonies formos
SN – standartinis nuokrypis
SPS – skubios pagalbos skyrius
TNF- α – naviko nekrozės faktorius alfa
TNSS – tinklainės nervinių skaidulų sluoksnis
VPS – vaistų pristatymo sistemos

1. ĮVADAS

1.1. Darbo aktualumas ir reikšmė

Akies trauma – viena iš pagrindinių sergamumo akių ligomis priežasčių. Pasaulio sveikatos organizacijos Aklumo prevencijos programos duomenimis, kasmet pasaulyje įvyksta apie 55 mln. akių sužalojimų, kurie riboja kasdienę veiklą ilgiau negu vieną dieną. Akių traumos lemia apie 1,6 mln. aklumo atvejų ir beveik 19 mln. vienos akies aklumo arba silpnaregystės atvejų kasmet [1].

Cheminiai akių nudegimai – tai ūminė būklė, reikalaujanti skubaus ištyrimo ir gydymo, galinti sukelti ilgalaikių pasekmių [2]. Cheminio nudegimo sunkumas priklauso nuo kelių veiksnių: cheminės medžiagos rūšies, koncentracijos, poveikio trukmės, nudegimo ploto, gylio ir pradinio gydymo. Sužalojimą sukelia šarminės arba rūgštinės medžiagos. Nudegimo metu akies paviršių tiesiogiai veikia toksiškos medžiagos, kurios greitai prasiskverbia į akies obuolį ir (arba) periokulinius audinius. Šarminės medžiagos prasiskverbia greičiau ir giliau negu rūgštys [3]. Skubi irigacija ir tinkamas gydymas padeda sumažinti pažeidimo mastą [4]. Dažniausiai pažeidimai yra lengvi ir nekelia grėsmės regėjimui, tačiau kai kuriais atvejais negrįžtamai pažeidžiamos akies priekinio segmento struktūros, o ilgainiui gali išsivystyti komplikacijų (pavyzdžiui, glaukoma). Lėtiniai progresuojantys neurodegeneraciniai procesai gali lemti negrįžtamą regos praradimą.

Mokslinėje literatūroje vis dažniau aprašoma trauminė optinė neuropatija, pasireiškianti po cheminių nudegimų net ir nesant dokumentuoto akispūdžio padidėjimo, todėl mokslininkai pradėjo ieškoti alternatyvių šio proceso patogenezės mechanizmų [5]. Studijose, kuriose atliekami tyrimai su gyvūnais, tiriamas mechanizmas, kuriuo būtų galima paaiškinti užpakalinio akies segmento pažeidimą [5–9]. Tyrimai su gyvūnais atskleidė, kad užpakalinio segmento pažeidimas nebuvo susijęs su tiesioginiu žalingu cheminių medžiagų poveikiu ir pakitusiu pH. Nustatyta, kad nudegimo metu išsiskiria uždegiminiai citokinai, tokie kaip naviko nekrozės faktorius alfa (TNF- α), interleukinas (IL)-1 β ir matrikso metaloproteinazė (MMP)-9, kurie gaminami priekiniame akies segmente ir difuzijos būdu pasiekia užpakalinį segmentą [6]. Tai paskatina monocitus iš kraujotakos migruoti į tinklainę, kur jie diferencijuojasi į makrofagus ir įgauna mikroglijai būdingą morfologiją [10]. Traumos atveju šios ląstelės įgyja naujų savybių – jos neįprastai gausiai infiltruoja audinius, tampa atsparios apoptozei, todėl jų kiekis išlieka padidėjęs, o uždegiminis procesas nuolat palaikomas. Pakitę ląstelių bruožai lemia lėtinį ir progresuojantį ganglinių ląstelių (GL) bei regos nervo

pažeidimą. Apibendrinant galima teigti, kad cheminis akies priekinio segmento pažeidimas sukelia pH pokyčius ir pažeidžia priekines akies struktūras, tačiau neapima užpakalinio segmento. Akies priekinio segmento uždegimas sukelia tinklainės imuninių ląstelių atsaką ir tai lemia tinklainės ir regos nervo pažeidimą.

Uždegimui priekiniame akies obuolio segmente slopinti plačiai taikomi gliukokortikoidai, tačiau atliktų tyrimų duomenys rodo, kad vien jų nepakanka, siekiant užkirsti kelią užpakalinio segmento pažeidimams po akių cheminių nudegimų [11]. Gliukokortikoidai geriausiai veikia esant ūmiai fazei, tačiau ne visada sustabdo vėlyvą mikroglijos sukeltą neurodegeneraciją. Tinkamai dozuoti imunomodulatoriai rodo perspektyvius rezultatus – jie reikšmingai sumažina GL ir regos nervo aksonų netekimą [12, 13]. Ankstesnių studijų duomenimis, patologinių ir negrįžtamų procesų kaskada, vedanti į GL ir regos nervo aksonų pažeidimą, prasideda iš karto patyrus cheminę traumą. Studijose, kuriose atliekami tyrimai su gyvūnais, nurodoma, kad TNF- α koncentracija reikšmingai padidėja per pirmąsias valandas po šarminio nudegimo [8, 12]. Skubi anti-TNF- α terapija slopina uždegimą ir apsaugo tinklainę nuo apoptozinių pokyčių [6]. Be to, panašus GL ir regos nervo pažeidimas dokumentuotas ne tik patyrus cheminę akies traumą ir esant intensyviai priekinio segmento uždegimui, bet ir po kitų intervencijų – keratoplastikos ar net siūlės, apimančios visą ragenos storį [12]. Greitas neuroprotekcinis gydymas yra perspektyvus papildomas gydymas skubiosios pagalbos skyriuose, galintis pagerinti klinikinius rezultatus patyrus sunkią cheminę traumą.

Siekiant tinkamai gydyti chemines traumas, itin svarbios yra visuomenės žinios apie akių cheminių nudegimų prevenciją ir pirmąją pagalbą. Atlikta mokslinės literatūros apžvalga parodė, kad didelė dalis respondentų nežino, kaip tinkamai elgtis patyrus cheminę traumą, o tai gali lemti prastesnę klinikinę baigtį. Identifikuotos žinių spragos suteikia pagrindą kurti edukacines programas ir prevencines priemones, kurios padėtų sumažinti traumų sunkumą ir pagerintų gydymo rezultatus.

1.2. Darbo naujumas

Mokslinėse studijose, kuriose atliekami tyrimai su gyvūnais, patvirtinta hipotezė, kad, nudegimų metu netiesiogiai pažeidus užpakalinį akies segmentą, uždegimą skatinančių mediatorių reguliacijos sutrikimas aktyvina tinklainės imunines ląsteles, sukeldamas GL apoptozę ir regos nervo pažeidimą. Nustatyta, kad neuroprotekcinis taikymas kaip papildoma terapinė kryptis, patyrus cheminę traumą, gali pagerinti klinikinius rezultatus. Todėl

būtinai tolesni tyrimai, siekiant nustatyti, ar panašūs pokyčiai po cheminių traumų *in vivo* pasireiškia ir žmogaus akyse. Išsiaiškinus trauminės optinės neuropatijos atsiradimo rizikos veiksnius, būtų galima visapusiškai efektyvi pirmoji pagalba skubiosios pagalbos skyriuose, kuri leistų išvengti negrįžtamo regos praradimo.

Šis darbas yra pirmasis perspektyvusis klinikinis tyrimas oftalmologijoje, kurio metu analizuotas užpakalinio akies segmento pažeidimas esant normaliam akispūdžiui po cheminio nudegimo. Klinikinio tyrimo rezultatai patvirtino užpakalinio akies segmento pažeidimą po cheminės traumos. Anksčiau mokslinėje literatūroje panašių tyrimų nėra aprašyta.

1.3. Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – įvertinti akių cheminių nudegimų poveikį užpakalinio akies segmento struktūrai ir funkcijai, išanalizuoti pokyčius skirtingais stebėjimo laikotarpiais ir įvertinti visuomenės žinių lygį apie pirmąją pagalbą, siekiant didinti informuotumą ir parengti prevencines rekomendacijas.

Uždaviniai:

1. Įvertinti akių traumų po cheminių nudegimų epidemiologinius ir klinikinius rodiklius, nustatyti jų sąsajas su nudegimo sunkumu ir identifikuoti prognostinius veiksnius.

2. Įvertinti ir palyginti pacientų, patyrusių cheminį akių nudegimą, ir oftalmologiškai sveikų asmenų tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio bei ganglinių ląstelių sluoksnio parametrus, nustatyti šių parametrų dinamiką.

3. Įvertinti Lietuvos gyventojų žinias apie akių cheminius nudegimus, pirmosios pagalbos principus, nustatyti pagrindinius aspektus, turinčius įtakos žinių lygiui.

4. Parengti rekomendacijas visuomenei šviesti ir pacientų priežiūrai po akių cheminių nudegimų optimizuoti, siekiant sumažinti komplikacijų dažnį ir gerinti ilgalaikes regos prognozes.

1.4. Darbo praktinė reikšmė

Tyrimo metu gauti duomenys apie užpakalinio akies segmento pokyčius po cheminių nudegimų papildė klinikines žinias apie šių traumų ilgalaikį poveikį regos sistemai. Tai gali padėti tiksliau prognozuoti ligos eigą, individualizuoti pacientų stebėseną ir parinkti tinkamesnę gydymo taktiką. Lietuvos gyventojų apklausa atskleidė pirmosios pagalbos, patyrus cheminį akių nudegimą, žinių trūkumus. Remiantis apklausos rezultatais ir atliktos mokslinės literatūros analize, parengtos praktinės rekomendacijos, kurios gali būti taikomos

oftalmologų kasdienėje praktikoje ir visuomenės sveikatos specialistų edukacinėse iniciatyvose, siekiant pagerinti pacientų gyvenimo kokybę ir sumažinti sveikatos apsaugos sistemos sąnaudas, susijusias su cheminiais akių nudegimais. Tyrimo rezultatai prisideda prie gilesnio akių cheminių nudegimų patogenezės supratimo, diagnostikos galimybių plėtros ir visuomenės švietimo stiprinimo, o tai ilgainiui gali sumažinti regos netekimo riziką.

1.5. Disertacijos autorės indėlis į nagrinėjamą problematiką

Disertacijos autorė atliko išsamią mokslinės literatūros analizę ir parengė dokumentus, reikalingus bioetikos leidimui gauti. Tyrimo metu, bendradarbiaujant su darbo grupe, sukurta visuomenės apklausos anketa, surinkti duomenys ir atlikta statistinė šių duomenų analizė. Autorė savarankiškai sudarė tiriamųjų imtis (pacientų, patyrusių cheminį nudegimą, grupę ir oftalmologiškai sveikų asmenų kontrolinę grupę), vykdė anketavimą, atliko išsamius oftalmologinius tyrimus, struktūrinius ir funkcinius matavimus. Surinktus duomenis išanalizavo, interpretavo ir apibendrino. Tyrimo rezultatai paskelbti recenzuojamuose mokslo žurnaluose ir pristatyti Lietuvos bei tarptautinėse konferencijose, taip reikšmingai prisidedant prie mokslo pažangos ir nagrinėjamų srities žinių sklaidos.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Įvadas į disertacinio darbo problematiką

2.1.1. Cheminiai akių nudegimai: epidemiologija

Cheminiai akių nudegimai – viena iš sudėtingiausių oftalmologinių būklių, galinti sukelti ilgalaikį regos funkcijos sutrikimą ar net aklumą. Šios traumos sudaro nedidelę visų akių pažeidimų dalį, tačiau jų pasekmės pacientui ir sveikatos sistemai itin reikšmingos [1]. Minėtos traumos sudaro 10,7–34,7 proc. visų kūno nudegimų atvejų [3] ir diagnozuojamos iki 22 proc. pacientų, patyrusių akių traumas [14–18]. Tai antra pagal dažnumą akių trauma, patiriama darbe (pirmoje vietoje – svetimkūniai) [19]. Zhongshan oftalmologijos centro skubios pagalbos skyriuje atliktas tyrimas parodė, kad dėl akių traumų kreipėsi net 44,1 proc. visų atvykusių pacientų. Taigi šios traumos sudaro itin didelę skubios oftalmologinės pagalbos atvejų dalį. Vis dėlto statistškai reikšminga atvejų dalis susijusi su nedideliais negalavimais, imituojančiais skubias būkles [20].

Panašūs rezultatai pateikiami ir atlikus retrospektyvinį tyrimą Lietuvoje [21]. Vertinant akių nudegimus, nustatyta, kad 78,57 proc. atvejų diagnozuotas II laipsnio cheminis nudegimas, laikomas vidutinio sunkumo pažeidimu. Lietuvoje 2016–2020 m. atlikta kita analizė, remiantis Higienos instituto Sveikatos informacijos centro duomenimis, apskaičiuotais iš Valstybinės ligonių kasos informacinės sistemos SVEIDRA. Tiriamąją imtį sudarė pacientai, patyrę nudegimus. Nustatyta, kad didžiausią visų kūno nudegimų dalį sudarė akies ir jos priedinių organų nudegimai [22]. Epidemiologiniai tyrimai patvirtina, kad didžiausia rizika patirti cheminę akių traumą būdinga darbingo amžiaus vyrams (20–40 m.), dirbantiems pramonėje, statybose ar laboratorijose [16, 23–25]. Matyti ir sąsaja su alkoholio vartojimu – jis didina akių traumų tikimybę [15]. Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV) atlikto tyrimo duomenys rodo, kad didžiausia rizika patirti cheminę akių traumą (atitinkamai 28,61 ir 23,49 atvejų 100 000 gyventojų) yra 1–2 metų vaikams. Dauguma šių traumų įvyksta namų aplinkoje netinkamai saugant buitinę chemiją [23].

Akių cheminių traumų ekonominė našta yra didelė, ji didėja proporcingai pažeidimo sunkumui, ypač abipusių traumų atvejais. JAV akių ir jų priedinių organų cheminiai nudegimai sudaro apie 36 000 apsilankymų atvejų skubiosios pagalbos skyriuose per metus ir lemia maždaug 26,6 mln. JAV dolerių sveikatos priežiūros išlaidų [23]. Kinijoje apskaičiuota, kad vidutinės gydymo išlaidos siekia apie 5 900 JAV dolerių vienam pacientui [26].

Mokslinės literatūros analizė atskleidžia kelis svarbius epidemiologinių tyrimų ribotumus. Dauguma jų yra retrospektyvūs, todėl gauti duomenys priklauso nuo medicininių įrašų kokybės, o tyrėjai negali kontroliuoti nei tyrimo sąlygų, nei duomenų rinkimo. Be to, daugelis tyrimų atlikti vienoje šalyje ar regione, todėl jų rezultatai gali būti ribotai pritaikomi globaliu mastu. Ateities tyrimai turėtų būti perspektyvieji, multicentriniai, grindžiami standartizuotomis klasifikacijomis ir apimti ilgesnį pacientų stebėjimo laikotarpį.

2.1.2. Etiologija

Cheminiai akių nudegimai yra viena iš komplikuočiausių nemechaninių akies traumų formų, sukeliančių tiesioginę ir dažnai negrįžtamą akies audinių žalą [27, 28]. Šių traumų sunkumo laipsnis priklauso nuo agento tipo (rūgštinės arba šarminės medžiagos), kiekio, pH, veikimo trukmės, toksiškumo ir pažeisto akies ploto. Tipiška patofiziologinė įvykių eiga prasideda staigiu audinių pH pasikeitimu, po kurio įvyksta nuo pH priklausomi cheminiai pokyčiai [6, 29]. Svarbūs ir kiti veiksniai, tokie kaip temperatūra, smūgio jėga, disociacijos koeficientas (pavyzdžiui, osmoliariškumas) bei redokso potencialas [30,31].

Šarminės medžiagos pasižymi itin agresyvia eiga. Šarmai dėl lipofiliškumo greitai prasiskverbia pro ragenos epitelį ir stromą, sukeldami ląstelių membranų riebalų hidrolizę. Šarminiai nudegimai dažnai sąlygoja gilesnį akies audinių pažeidimą negu rūgštys, todėl tai lemia prastesnę gydymo baigtį. Dėl proceso spartos pacientai gali patirti negrįžtamą regos praradimą vos per 5–15 min. [29]. Rūgštys sukelia akies paviršiaus baltymų denatūraciją ir koaguliaciją, dėl kurios formuojasi barjeras, ribojantis gilesnę cheminės medžiagos difuziją. Dėl šios priežasties pažeidimas lokalizuojasi kontakto vietoje [32]. Mišrių traumų gali atsirasti, kai kontaktas su abiem medžiagų tipais įvyksta tuo pačiu metu. Epidemiologinių tyrimų duomenimis, šarminiai akių nudegimai sudaro apie 50–70 proc. visų atvejų. Rūgštiniai nudegimai nustatomi rečiau – iki 20 proc. atvejų. Likusi dalis siejama su mišriomis traumomis ar nežinomos sudėties cheminėmis medžiagomis [23, 33–36].

Dažniausiai pasitaikantys traumas sukeliantys šarmai ir rūgštys pateikti 1 ir 2 lentelėse [18].

1 lentelė. Dažniausiai naudojami šarmai

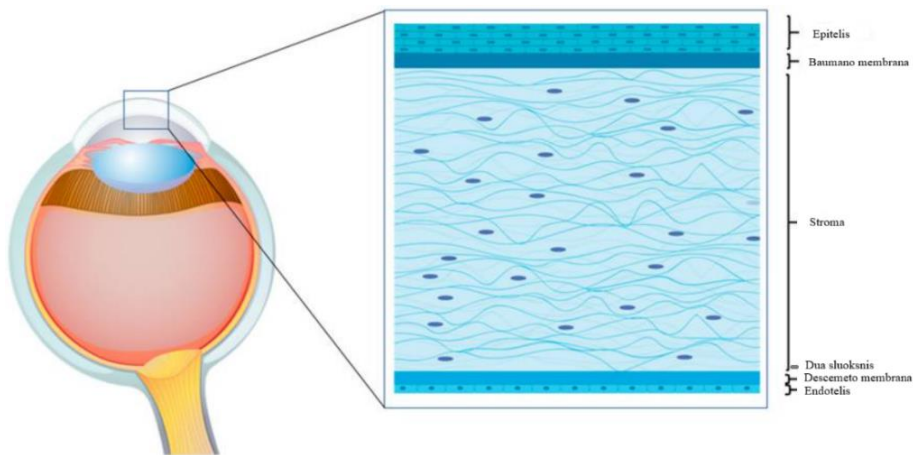
Medžiaga	Cheminė sudėtis	Naudojama
Amoniakas	NH ₃	Valymo priemonėse, trąšose, šaldymo įrenginiuose.
Kalio hidroksidas	KOH	Muilo, stiklo, trąšų, dažiklių gamyboje, valymo priemonėse, chemijos pramonėje kaip reagentas.
Natrio hidroksidas	NaOH	Kanalizacijos valikliuose, oro pagalvėse, muilo ir skalbimo priemonių gamyboje.
Magnio hidroksidas	Mg(OH) ₂	Fejerverkuose, signalinėse raketose.
Kalcio hidroksidas	Ca(OH) ₂	Gipse, skiedinyje, cemento, kalkėse.

2 lentelė. Dažniausiai naudojamos rūgštys

Medžiaga	Cheminė sudėtis	Naudojama
Sieros rūgštis	H ₂ SO ₄	Automobilių akumulatoriuose.
Sulfito rūgštis	H ₂ SO ₃	Balikliuose ir šaldymo įrenginiuose.
Vandenilio fluoridas	HF	Stiklo gamybos pramonėje ir perdirbant mineralus.
Acto rūgštis	CH ₃ COOH	Maisto pramonėje.
Druskos rūgštis	HCl	Metalamams apdirbti (pavyzdžiui, rūdims šalinti), plastikams gaminti, pH reguliuoti.

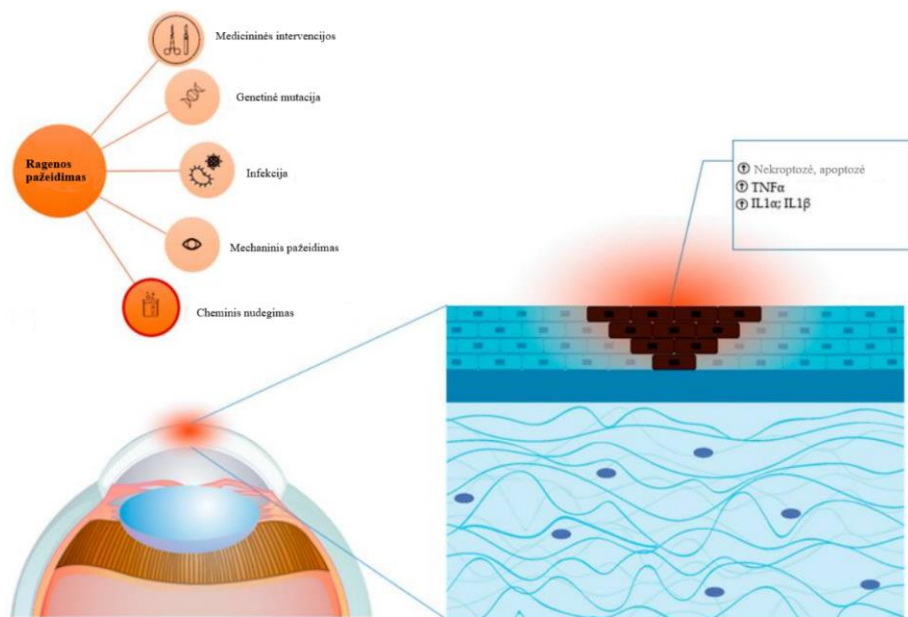
2.1.3. Patogenezė

Suaugusio žmogaus ragena atlieka itin svarbias sensorines ir apsaugines funkcijas. Būdama skaidri, ragena kartu su ašarų plėvele sudaro pagrindinį laužiamąjį optinį paviršių ir nukreipia šviesos spindulius į tinklainę (1 pav.). Be to, ragena apsaugo vidines akies struktūras, veikdama kaip fizinė barjerinė užtvara nuo išorinių pažeidimų. Net menkiausi ragenos savybių pokyčiai gali paveikti jos optinę funkciją [37]. Ragenos patologijų paplitimas visame pasaulyje yra labai didelis, o akių nudegimai yra pagrindinė chirurginės intervencijos indikacija [38].



1 pav. Žmogaus ragena. Sudaryta remiantis [37].

Esminiai ragenos pažeidimo mechanizmai cheminių nudegimų metu apima tiesioginę cheminių reagentų sąveiką su akies paviršiaus audiniais bei vėlesnes uždegiminę ir reparacinę fazes. 2 pav. iliustruojami pagrindiniai ragenos pažeidimų mechanizmai, ypatingą dėmesį skiriant cheminių nudegimų patogenezei. Schemoje pavaizduota, kad šarminių medžiagų sukeltas pažeidimas lemia epitelio, stromos ir endotelio ląstelių žūtį tiek nekrotozės, tiek apoptozės metu. Žuvusios ląstelės išskiria uždegiminius mediatorius: $\text{TNF-}\alpha$, $\text{IL-1}\alpha$ ir $\text{IL-1}\beta$, kurie inicijuoja uždegiminę kaskadą, aktyvina proteolitininius fermentus ir skatina papildomą stromos destrukciją. Šie procesai sukuria sąlygas nuolatinei audinių pažaidos progresijai, vaskuliarizacijai ir randėjimui, o tai galiausiai lemia ragenos skaidrumo praradimą ir regos funkcijos pablogėjimą [37].



2 pav. Ragenos pažeidimo schema. Sudaryta remiantis [37].

Akių cheminių nudegimų patogenezė pasižymi dinamiška eiga ir apima kelis nuoseklius etapus, kurių metu vyksta tiek tiesioginė audinių destruktija, tiek antrinės reparacinės ir randėjimo reakcijos. Tradiciškai išskiriamos trys pagrindinės fazės: ūminė (1–7 dienos), ankstyvoji reparacinė (8–21 diena) ir vėlyvoji reparacinė (>21 diena) [14,39–45].

Ūminė fazė (1–7 dienos). Prasideda iš karto po cheminės medžiagos kontakto su akies paviršiumi. Ūminės fazės metu vyrauja tiesioginė cheminė žala, kuri priklauso nuo cheminės medžiagos tipo, koncentracijos, patekimo į akį trukmės ir kontakto ploto. Pagrindiniai šios fazės patogenezės mechanizmai:

1. Tiesioginis poveikis. Rūgštys sukelia baltymų koaguliaciją ir sudaro barjerinį sluoksnį, ribojantį difuziją, o šarmai greitai prasiskverbia į rageną bei gilesnius audinius ir sukelia nekrozę bei stromos kolageno degradaciją.
2. Epitelio destruktija. Pažeidžiamas ragenos ir junginės epitelis, prarandama barjerinė funkcija, didėja infekcijos rizika.
3. Limbo kamieninių ląstelių pažeidimas. Suardomas limbo kraujagyslių endotelis, todėl išsivysto trombozė ir išemija. Būdinga hipoksija ir metabolinė blokada, nes dėl kraujotakos sutrikimo limbo srityje kamieninės ląstelės netenka mitybos bei deguonies ir žūsta.
4. Uždegiminė kaskada. Vos tik cheminė medžiaga pažeidžia ragenos ir junginės ląsteles, iš jų išsiskiria ląstelių žūties signalai – vadinamieji *pavojaus signalai* (angl. *danger-associated molecular patterns*), kurie

aktyvuoja aplinkines epitelio ląsteles, keratocitus ir imuninės sistemos efektorius. Iš pažeistų audinių išsiskiria citokinai (IL-1 α , IL-1 β , IL-6, TNF- α ir kt.), reaktyviosios deguonies formos (ROS) ir proteolitiniai fermentai (MMP-2, -9, -13), kurie sukelia papildomą audinių destruktiją. ROS aktyvuoja branduolinio faktoriaus κ B (NF- κ B) kelią, skatinantį prouždegiminių genų ekspresiją. Šių mediatorių pikas pasiekiamas per pirmąsias 24–72 valandas. NF- κ B yra pagrindinis transkripcijos faktorius, reguliuojantis prouždegiminių citokinų, chemokinų ir adhezijos molekulių genų ekspresiją; jo aktyvacija atlieka esminį vaidmenį uždegiminio proceso raidai ir palaikymui.

Išsiskiriantys citokinai pasižymi persidengiančiu prouždegiminiu, proangiogeniniu ir profibroziniu poveikiu. Ūminėje ragenos gijimo fazėje padidėja prouždegiminių citokinų IL-1 α , IL-1 β , IL-6 ir kraujagyslių endotelio augimo faktoriaus (KEAF) koncentracija, o uždegimui slopstant kaupiasi TNF- α ir profibrozinis transformuojantis augimo faktorius β .

Klinikiniu požiūriu šioje fazėje vyrauja aštrus skausmas, junginės pilnakraujiškumas (hiperemija), audinių patinimas (edema) ir epitelio defektai. Didelio laipsnio nudegimų atvejais gali pasireikšti stromos drumstumas arba net perforacija.

Ankstyvoji reparacinė fazė (8–21 diena). Po pirminės destruktijos organizmas inicijuoja reparacinius mechanizmus, tačiau jie neretai yra netinkami ir sukelia papildomų komplikacijų:

1. Angiogenezė ir fibroblastų aktyvacija. Hipoksija ir citokinų stimuliacija (KEAF ir kt.) skatina kraujagyslių endotelio ląstelių proliferaciją ir migraciją. Jau per pirmąsias 2–3 savaites naujos kraujagyslės pradeda jaugti į rageną iš limbo zonos (vaskuliarizacija), kartu vyksta limfangiogenezė. KEAF – pagrindinis angiogenezės stimulatorius, didinantis endotelio ląstelių proliferaciją ir migraciją.
2. Limbo kamieninių ląstelių trūkumas. Ūminėje fazėje žuvus kamieninėms ląstelėms, prarandamas ragenos epitelio regeneracijos rezervas. Junginės epitelio ląstelės migruoja į ragenos paviršių ir sukelia patologinę konjunktivalizaciją, dėl kurios prarandamas ragenos skaidrumas.
3. Reepitelizacija – organizmo tikslas atkurti epitelio barjerą, kad būtų sumažinta infekcijos rizika ir išvengta stromos irimo bei ragenos perforacijos. Jei išlieka bent dalis limbo kamieninių ląstelių, epitelis gali atsinaujinti iš periferijos. Sunkių pažeidimų atvejais atsiranda persistuojančių epitelio defektų ir negrįžtamų struktūrinių pakitimų.
4. Lėtinis uždegimas. Neutrofilų ir makrofagų infiltracija palaiko citokinų (IL-1 β , IL-6, TNF- α) ir chemokinų (MCP-1, CXCL1) gamybą, todėl procesas tampa cikliškas: uždegimas → audinių pažeidimas → naujų

uždegimo signalų atsiradimas. Šioje fazėje taip pat aktyvuojami prieš uždegiminiai mechanizmai (pavyzdžiui, IL-10), kurie riboja NF-κB aktyvaciją. Pusiausvyra tarp prouždegiminių ir prieš uždegiminių signalų lemia tolesnę ligos eigą.

Šio etapo metu svarbu kontroliuoti uždegimą ir skatinti tinkamą epitelio regeneraciją, siekiant išvengti randėjimo ir antrinių komplikacijų.

Vėlyvoji reparacinė fazė (>21 diena). Ilgainiui vystosi stabilizacijos, randėjimo ir antrinių komplikacijų etapas:

1. Randėjimas. Miofibroblastų proliferacija ir neorganizuota kolageno sintezė lemia ragenos drumstumą, sustorėjimą ir sąaugų formavimąsi. Šis procesas padeda stabilizuoti audinius, tačiau jis negrįžtamai pažeidžia ragenos skaidrumą ir leidžia atsirasti antrinėms komplikacijoms, pavyzdžiui, glaukoma. Viena iš klinikinių pasekmių – simblefaronas, t. y. junginės ir vokų randinis suaugimas, ribojantis akies judesius, destabilizuojantis ašarų plėvelę, galintis sukelti entropioną ir trichiazę. Tokiais atvejais reikia chirurginės rekonstrukcijos.
2. Vaskuliarizacija. Kraujagyslių invazija į avaskulinę ragena, atsirandanti dėl hipoksijos, uždegimo ir kamieninių ląstelių deficito.

Šioje fazėje gydymas dažniausiai apima rekonstrukcines chirurgines priemones: ragenos transplantaciją, keratoprotezavimą ir kt.

2.1.4. Klasifikacija

Akių cheminių nudegimų klasifikacija yra svarbi klinikinės praktikos dalis, leidžianti įvertinti pažeidimo sunkumą ir numatyti prognozę. Viena iš pirmųjų akių cheminių nudegimų vertinimo sistemų, taikytinų ir šiandien, yra Roperio-Hallo (angl. *Roper-Hall*) klasifikacija, sukurta 1965 m. [46]. Ši klasifikacija remiasi dviem kriterijais: ragenos pažeidimu ir limbo išemija (3 lentelė).

3 lentelė. **Roperio-Hallo klasifikacija [47]**

Laipsnis	Klinikiniai požymiai	Prognozė
I	Ragenos epitelio pažeidimas; limbo išemijos nėra.	Gera
II	Lokalus ragenos stromos drumstumas, matomi rainelės kontūrai; limbo išemija <1/3.	Gera
III	Visiškas epitelio praradimas, ragenos stromos drumstėjimas, rainelės kontūrai neaiškūs; limbo išemija 1/3–1/2.	Vidutiniška
IV	Ragena drumsta, balta, gilesnės terpės neįžiūrimos; limbo išemija >1/2.	Prasta

2001 m. Dua ir bendraautoriai pasiūlė naują akių cheminių nudegimų klasifikacijos sistemą (4 lentelė) ir išplėtė ankstesnę Roperio-Hallo (1965) klasifikaciją iki šešių laipsnių (I–VI). Šioje sistemoje vertinamas junginės ir limbo srities pažeidimas, nustatomas pagal dažymo fluoresceinu rezultatus. Pagrindinis šios klasifikacijos trūkumas – į ją neįtrauktas ragenos būklės vertinimas [48].

4 lentelė. **Dua ir kt. [47] klasifikacija**

Laipsnis	Klinikiniai radiniai	Junginės pažeidimas	Analogų skalė	Prognozė
I	0 val. limbo pažeidimas	0 %	0/0 %	Labai gera
II	≤3 val. limbo pažeidimas	≤30 %	0,1–3/1–29,9 %	Gera
III	> 3–6 val. limbo pažeidimas	>30–50 %	3,1–6/31–50 %	Gera
IV	> 6–9 val. limbo pažeidimas	>50–75 %	6,1–9/51–75 %	Nuo geros iki kontroliuojamos
V	>9–<12 val. limbo pažeidimas	>75–<100 %	9,1–11,9/75,1–99,9 %	Nuo kontroliuojamos iki blogos
VI	12 val. visiškasis limbo pažeidimas	100 % visiškasis junginės pažeidimas	12/100 %	Labai prasta

Roperio-Hallo klasifikacija ilgą laiką buvo pagrindinė akių cheminių nudegimų sunkumo vertinimo sistema, tačiau, vertinant sunkesnius atvejus, ypač išryškėja jos ribotumas. Ši sistema remiasi tik ragenos drumstumu ir limbo išemijos apimtimi, todėl ne visada tiksliai koreliuoja su klinikinėmis baigtimis. 2001 m. Dua ir bendraautorių pasiūlyta klasifikacija yra detalesnė – ji apima limbo pažeidimo mastą ir junginės pažeidimo plotą, todėl geriau atspindi limbo kamieninių ląstelių deficito sunkumą bei ilgalaikę prognozę. Klasifikaciją kiek sudėtinga taikyti kasdienėje klinikinėje praktikoje, tačiau moksliniuose tyrimuose ji plačiai taikoma dėl savo tikslumo [40, 49] (5 lentelė).

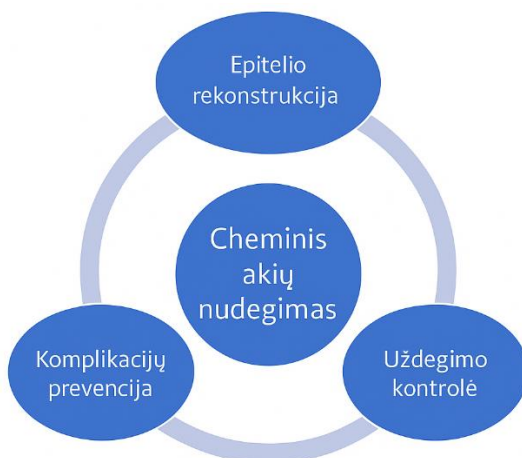
5 lentelė. Roperio-Hallo ir Dua klasifikacijų palyginimas

Kriterijus	Roperio-Hallo klasifikacija	Dua klasifikacija
Parametrai	Vertina ragenos drumstumą ir limbo išemiją.	Vertina limbo pažeidimo laipsnį ir junginės pažeidimo plotą.
Laipsnių skaičius	IV laipsniai.	VI laipsniai.
Prognozės tikslumas	Ribotas – ne visada tiksliai prognozuoja baigtį, nes remiasi tik drumstumu ir išemija.	Tikslesnis – geriau koreliuoja su klinikinėmis baigtimis ir limbo kamieninių ląstelių deficito sunkumu.
Naudojimo sritis	Paprasta naudoti, bet mažiau informatyvi.	Detalesnė, plačiau taikoma moksliniuose tyrimuose.

Be plačiausiai taikomų Roperio-Hallo ir Dua klasifikavimo sistemų, mokslinėje literatūroje taip pat aprašomos ir kitos klasifikacijos (pavyzdžiui, Hugheso ir Thoftso klasifikacija), tačiau jos klinikinėje praktikoje taikomos rečiau.

2.1.5. Gydymas

Akių cheminių nudegimų gydymas neatidėliotinas. Siekiama kuo greičiau neutralizuoti cheminės medžiagos poveikį, atkurti akies paviršiaus vientisumą ir išvengti ilgalaikių komplikacijų [29]. Pagrindiniai gydymo principai apima skubią pirmąją pagalbą, medikamentinį gydymą, chirurgines intervencijas. Tinkamas akių cheminių nudegimų gydymas yra kompleksinis ir orientuotas į epitelio defektų gydymą, uždegiminės reakcijos kontrolę bei komplikacijų prevenciją (3 pav.). Taikomos priemonės turi skatinti epitelio regeneraciją, mažinti uždegimą ir užkirsti kelią komplikacijoms, taip nutraukiant uždarą pataloginį ratą [14].



3 pav. **Pagrindiniai akių cheminių nudegimų gydymo principai: epitelio defektų gydymas, uždegimo kontrolė ir komplikacijų prevencija. Sudaryta remiantis [14].**

Pirmoji pagalba, pirmasis ir svarbiausias gydymo žingsnis, yra gausi ir ilgalaikė irigacija, siekiant pašalinti cheminės medžiagos likučius ir atkurti fiziologinį akies paviršiaus pH. Rekomenduojama kuo skubiau pradėti akių irigaciją bet koku prieinamu vandens šaltiniu įvykio vietoje. Daugelyje išsivysčiusių šalių toks vanduo atitinka pagrindinius reikalavimus – yra pakankamai švarus ir turi neutralų pH [50]. Akių irigacija turi būti pradėta kuo greičiau patyrus traumą, atliekama ne trumpiau kaip 30 min. ir tęsiama transportavimo į gydymo įstaigą metu, naudojant pakankamą skysčio kiekį – idealiu atveju kelis litrus – iki paciento perdavimo medicinos personalui. Bet kuris sveikatos priežiūros specialistas, pirmasis susidūręs su pacientu, privalo nedelsdamas pradėti šią procedūrą, nes tik taip galima sumažinti cheminės medžiagos poveikį ir pagerinti galutinę regos prognozę [18, 51]. Gydymo įstaigoje irigacija ir toliau tęsiama, naudojami įvairūs tirpalai (pavyzdžiui, izotoninis natrio chloridas arba Ringerio laktatas). Irigacija atliekama taikant vietinę nejautrą, naudojant blefarostatą ar Morgano lęšį ir intraveninio lašinimo sistemą. pH kontrolė atliekama naudojant universalų indikatorinį popierių [18]. Irigacija tęsiama tol, kol junginės maišelio pH stabilizuojasi ties fiziologine norma (7,0–7,4) [52–54]. Nutraukus irigaciją, pH matuojamas praėjus 5 min., vėliau mechaniškai pašalinamos likusios kietos cheminių medžiagų dalelės (pavyzdžiui, kalkinio skiedinio), atliekamas dvigubas vokų vertimas [18, 55, 56]. Netinkamai atliekama akių irigacija gali padidinti silpnaregystės riziką iki 3 kartų [57].

Priede pateikiamos akių irigacijos procedūros metodinės gairės, parengtos ir adaptuotos pagal Gwenhure (2020) publikaciją [55].

Medikamentiniu gydymu siekiama skatinti ragenos epitelizaciją ir regeneraciją, slopinti uždegimą, stabdyti keratolizę, užkirsti kelią antrinei infekcijai. Medikamentinis gydymas [18]:

1. Vietiniai antibiotikai. Skiriami infekcijos profilaktikai ir vartojami iki visiškos audinių epitelizacijos.
2. Gliukokortikoidų lašai. Uždegimui slopinti, vengiant ilgalaikio vartojimo dėl ragenos perforacijos rizikos, nes stabdo kolageno sintezę. Įrodyta, kad steroidai gali užkirsti kelią taurinių ląstelių skaičiaus sumažėjimui, užtikrinti bazinės membranos ir endotelio ląstelių stabilumą ir užkirsti kelią neutrofilų degranuliacijai.
3. Vyzdį plečiantys medikamentai. Užpakalinių sąaugų profilaktikai ir akies skausmui, kurį sukelia iridociliarinis spazmas, mažinti.
4. Dirbtinių ašarų lašai, geliai. Ragenos epitelio regeneracijai skatinti ir akių paviršiui drėkinti. Rekomenduojama rinktis preparatus be konservantų ir fosfatų, nes, esant epitelio defektams, tirpalai, turintys fosfatų, gali skatinti ragenos kalcifikacijos vystymąsi.
5. Citrato preparatai. Kolagenolizės ir stromos tirpimo prevencijai. Šarminių nudegimų ragenos histologiniai pjūviai rodo intensyvių polimorfonuklearinių infiltratų (PMN) susidarymą. PMN yra pagrindinis proteolitinio fermento šaltinis, kuris gali ištirpdyti ragenos stromos kolageną. Citratas yra stiprus chelatorius, todėl gali sumažinti proteolitinį aktyvumą ir slopinti kolagenazes.
6. Askorbo rūgštis. Skatina kolageno sintezę, mažina ragenos išopėjimo ir perforacijos tikimybę.
7. Doksiciklinas. Nepriklausomai nuo turimų antimikrobinių savybių, slopina matriksą MMP, kurios ardo kolageną. Tetraciklinų klasė veikia keliais mechanizmais: mažina neutrofilų kolagenazės ir epitelio gelatinazės genų ekspresiją, riboja alfa-1-antitripsino skilimą bei neutralizuoja reaktyvias deguonies rūšis, todėl akies paviršiaus uždegimas mažėja.

Gydymo metu būtina matuoti akispūdį. Akispūdis gali padidėti dėl toksinių medžiagų sukulto uždegimo, dėl agresyvaus gydymo gliukokortikoidais, po įvairių chirurginių intervencijų [30]. Kuo didesnis pradinis akispūdis, tuo didesnė antrinės glaukomos tikimybė [34]. Vietinis gydymas gali pažeisti epitelį, todėl, padidėjus akispūdžiui, rekomenduojami peroraliai vartojami acetazolamido preparatai, stebint elektrolitų, ypač kalio, kiekį kraujo serume. Vietiniam gydymui rekomenduojami karboanhidrazės inhibitoriai, β blokatoriai. Prostaglandinų grupės medikamentai nerekomenduojami, nes

jie pasižymi uždegimą skatinančiu poveikiu [58]. Alfa adrenoreceptorių agonistų reikėtų vengti dėl jų vazokonstriktinio poveikio [59].

Nauji gydymo metodai tiriami atliekant eksperimentinius tyrimus su gyvūnais. Pavyzdžiui, anti-KEAF terapija (bevacizumabas) jau taikoma klinikiniuose tyrimuose siekiant slopinti ragenos vaskuliarizaciją [60].

Genų terapija suteikia galimybę tiksliai reguliuoti molekulinius procesus po cheminių nudegimų. *In vivo* eksperimentai parodė, kad adenoasocijuotų virusų pagrindu taikoma genų terapija reikšmingai slopina citokinų (įskaitant TGF- β (transformuojantis augimo faktorius β) ir KEAF) – svarbių fibrozės ir vaskuliarizacijos veiksnių – ekspresiją ir taip padeda sumažinti ragenos drumstumą [61, 62]. Kiti tyrimai [63, 64], kuriuose analizuoti NLRP3 (angl. *nucleotide-binding oligomerization domain-like receptor family pyrin domain-containing protein 3*) inflamomosos kelio svarba šarminio nudegimo sukeltam ragenos pažeidimui, nustatyta, kad pažeistos ragenos audiniuose, palyginti su sveika rageną, reikšmingai padidėja NLRP3 ir IL-1 β raiška. Taikant NLRP3 inhibitorių terapiją, buvo išsaugotas ragenos skaidrumas, sumažėjo uždegiminių citokinų ekspresija ir inflamomosos aktyvacija. Šie rezultatai rodo, kad NLRP3 kelio slopinimas gali būti perspektyvi terapinė strategija, gerinanti ragenos žaizdų gijimą po cheminio pažeidimo [63, 64]. Atlikus daugiau klinikinių tyrimų genų terapija ateityje gali tapti veiksminga ilgalaikio gydymo galimybe, o kai kuriais atvejais – net ir suteikti visiško išgijimo galimybę pacientams, esant ragenos vaskuliarizacijai, fibrozei, transplantato atmetimui [61, 65].

Chirurginis akių cheminių nudegimų gydymas apima įvairias rekonstrukcines intervencijas, skirtas uždegimui mažinti ir epitelizacijai atkurti. Ankstyvojoje stadijoje būtina pašalinti nekrozinį epitelį, nes nekroziniai audiniai palaiko uždegimą ir lėtina gijimo procesus. Viena iš svarbiausių priemonių – amniono membranos transplantacija, kuri pagerina gijimą, slopina uždegimą ir skatina epitelio regeneraciją [47]. Ankstyvas chirurginis įsikišimas – esminė aukšto laipsnio akių cheminių nudegimų valdymo strategijos dalis – padeda greičiau atkurti akies paviršiaus vientisumą, sumažina randėjimą ir gali pagerinti regos prognozę po akių cheminių nudegimų [66]. Esant limbo kamieninių ląstelių deficitui, gali būti taikoma jų transplantacija ar alternatyvios ląstelių atkūrimo technologijos. Sunkiausiais atvejais, kai kiti metodai neefektyvūs, regos funkcijai atkurti gali būti implantuojamas Bostono keratoprotezas [18, 38]. Remiantis mokslinės literatūros analize, galima teigti, kad iki šiol nėra visuotinai pripažintų pirmosios pagalbos akių cheminių nudegimų gydymo gairių, o esamos rekomendacijos, taikytinos tarptautinių organizacijų, skiriasi. Todėl būtina siekti šias rekomendacijas atnaujinti ir standartizuoti [67].

2.2. Užpakalinis akies segmentas cheminio nudegimo metu

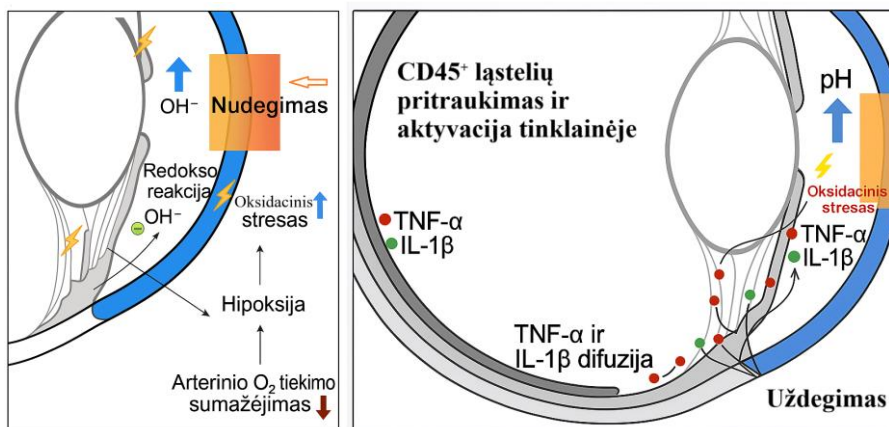
2.2.1. Užpakalinio akies segmento pažeidimo patofiziologija

Cheminiai akių nudegimai dažniausiai siejami su priekinio segmento pažeidimais – ragenos, junginės, limbo ar trabekulinio tinklo destrukcija. Nepaisant to, pastaruoju metu daugėja tyrimų, nagrinėjančių užpakalinio poliaus, tinklainės struktūrų ir regos nervo pažeidimus. Pirmasis užpakalinio segmento pažeidimo, patyrus šarminį nudegimą, aprašymas mokslinėje literatūroje pasirodė 1976 m., kai Smithas ir Conway dokumentavo retinopatijos atvejį [68]. Vėlesni pavieniai klinikiniai pranešimai patvirtino, kad tinklainės ir gyslainės struktūros iš tiesų gali būti pažeistos: Houghton ir Iezzi [69], pasitelkę indocianino žaliąją angiografiją, pademonstravo gyslainės perfuzijos sutrikimus, o Vancloosteris ir bendraautorai [70] identifیکavo makulopatiją po traumos, sukeltos šarmų.

Dėl pažangos ir platesnio dirbtinių ragenų klinikinio pritaikymo šiuo metu galima visiškai atkurti priekinio segmento optinių terpių skaidrumą [11, 71, 72]. Aiškiau matomas ir vertinamas užpakalinis akies segmentas atskleidė patologiškai blyškų regos nervo diską, turintį atitinkamų regos lauko defektų [72, 73]. Pritaikius operacinį gydymą, toliau stebėtas glaukomos progresavimas arba atsirasdavo naujų degeneracinių pakitimų, dažnai – normalaus akispūdžio sąlygomis [74]. Taigi, nors ragenos drumstumas po keratoprotezavimo operacijų per pastaruosius du dešimtmečius buvo sėkmingai suvaldytas, ši palanki tendencija atskleidė poreikį daugiau dėmesio skirti užpakalinio akies segmento pažeidimams [75]. Šiuo metu cheminio nudegimo pažeista rageną gali būti atkurta keratoprotezais, bet reikšminga regos nervo žala, akivaizdu, yra negrįžtama [11]. Nėra įrodyta, kad cheminės medžiagos gali tiesiogiai pažeisti tinklainę dėl padidėjusio pH, nes atlikti eksperimentai su gyvūnais parodė, kad pH stiklakūnyje ir tinklainėje išlieka normalus net patyrus didelio laipsnio šarminį nudegimą [6]. Panašu, kad šarmai yra efektyviai neutralizuojami priekinėje akies dalyje [11]. Jei tinklainę pažeidžia ne pH ir ne tiesioginė cheminė žala, kyla klausimas, kurie mechanizmai už tai atsakingi. Tyrimai su gyvūnais suteikė mechanistinį pagrindą suprasti, kodėl užpakalinis segmentas nukenčia net tada, kai šarminė medžiaga tiesiogiai kontaktuoja tik su priekinėmis akies struktūromis. Pirmieji 1997–1998 m. atlikti tyrimai su gyvūnais parodė, kad uždegiminių citokininų koncentracija po šarminių nudegimų padidėja ne tik ragenoje, bet ir tinklainėje, o tai leidžia manyti, kad šie mediatoriai prisideda prie uždegiminės

reakcijos progresavimo [76, 77]. Paschalis ir bendraautorai [6] pratęsė tyrimus ir patvirtino, kad ūminė šarminė trauma sukelia difuzinę uždegiminę atsaką: priekinės akies struktūros inicijuoja imuninį signalą, kuris pritraukia ir aktyvuoja imunines ląsteles tinklainėje ir taip sukelia užpakalinio poliaus pažeidimą. Remiantis klinicine pacientų, sergančių autoimuninėmis ligomis ir turinčių Bostono keratoprotezą, gydymo patirtimi, galima teigti, kad gali būti svarbus uždegiminis citokinas TNF- α . Keliais atvejais pooperacinis gydymas TNF- α antikūnu infliksimabu (TNF- α antagonistu) suteikė akivaizdžią apsaugą nuo uždegiminės ragenos nekrozės, supančios implantą [78]. Šie rezultatai paskatino tolesnius tyrimus su gyvūnais, siekiant iširti TNF- α vaidmenį ir įvertinti eksperimentinį gydymą infliksimabu, naudojant šarminio nudegimo modelį. Tyrimai įrodė, kad, patyrus cheminių ragenos nudegimą, priekiniame akies segmente susidaro uždegiminiai citokinai (TNF- α ir kt.), kurie greitai pasklinda į tinklainę ir sukelia ganglinių ląstelių apoptozę [11]. Tai patvirtina kiti intervenciniai tyrimai: Cade ir kt. [7] pademonstravo, kad infliksimabo sukelta TNF- α blokada apsaugo tinklainės struktūras, o Zhou ir bendraautorai [8] nustatė, kad ilgalaikis anti-TNF tiekimas subkonjunktyvinėmis vaistų išskyrimo sistemomis saugo tiek rageną, tiek tinklainę. Paaiškėjo, kad tinklainės ganglinės ląstelės patiria ryškią apoptozę praėjus jau 24 val. po nudegimo, o tai rodo, kad uždegiminės medžiagos, susidariusios priekinėje akies dalyje, greitai difunduoja į užpakalinę dalį ir pažeidžia tinklainę [6, 7]. Tuo pačiu laikotarpiu fiksuotas hematotinklainės barjero suardymas, kraujo monocitų invazija ir glijos ląstelių aktyvinimas [11]. TNF- α padidėjimas buvo pagrindinė stebėtų uždegiminių reakcijų ypatybė. Paschalis ir kt. [9] nustatė, kad ilgalaikį tinklainės pažeidimą lydi mikroglija ir periferiniai monocitai, o vėlesnės studijos [79] atskleidė, kad ši reorganizacija išlieka ilgą laiką po pirminio pažeidimo. Minėti tyrimai sustiprina įrodymus, kad uždegiminis procesas svarbus tinklainės pažeidimo ir neurodegeneracijos vystymuisi [11].

Pažymėtina, kad aprašyti reiškiniai vyksta esant normaliam akispūdžiui [5, 6]. Todėl vis dažniau pabrėžiama, kad cheminių akių nudegimų metu būtina įvertinti ne tik priekinio, bet ir užpakalinio segmento pažeidimus bei taikyti neuroprotekcinės strategijas [72, 80].



4 pav. Oksidacinio streso ir užpakalinio akies segmento uždegiminės kaskados schema, patyrus cheminį nudegimą. Schemoje pavaizduota kompleksinė patogenezė po šarminio akies nudegimo. OH^- jonai inicijuoja redokso reakcijas, dėl kurių gausiai susidaro reaktyviosios deguonies formos (ROS), sukeliančios oksidacinį stresą. Šį procesą sustiprina lokalūs kraujotakos sutrikimai ir arterinio deguonies tiekimo sumažėjimas, lemiantys audinių hipoksiją. Dėl oksidacinio streso ir hipoksijos priekiniame akies segmente suaktyvėja uždegimo kaskada, įskaitant proteolitinių fermentų (pavyzdžiui, MMP-9) aktyvaciją, kuri prisideda prie ragenos stromos destruktijos. Tolesnėje reakcijos grandinėje pažeisti audiniai išskiria uždegiminius citokinus – $\text{TNF-}\alpha$ ir $\text{IL-1}\beta$, kurie difuzijos metu pasiekia užpakalinį akies segmentą. Šie mediatoriai pritraukia CD45^+ ląsteles iš kraujotakos, kurios infiltruojasi į tinklainę ir aktyvuojasi, įgaudamos mikroglijai būdingą fenotipą. Tai lemia mikroglijos aktyvaciją, ląstelių apoptozę ir galimą tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio pažeidimą. Sudaryta remiantis [6].

2.2.2. Gydomo galimybės

Akių cheminių nudegimų gydymo strategijų raida rodo, kad tik priekinio segmento pažeidimo suvaldymas nėra pakankamas siekiant ilgalaikio regėjimo išsaugojimo. Vis daugiau dėmesio sulaukia užpakalinio segmento apsauga. Ši perspektyva keičia požiūrį į akių cheminių traumų valdymą. Ateities gydymo kryptys turėtų apimti kompleksinius metodus, orientuotus į viso regos organo struktūrų išsaugojimą.

Svarbiausias tyrimų su gyvūnais rezultatas – apsauginis $\text{TNF-}\alpha$ blokados (infliksimabo) poveikis tinklainei [6, 7]. Jei šie preparatai skiriami pakankamai anksti, jie reikšmingai sumažina uždegimą priekinėje nudegusios akies dalyje. Galima daryti prielaidą, kad dėl to į užpakalinę dalį difunduoja mažiau $\text{TNF-}\alpha$. $\text{TNF-}\alpha$, pasiekiantis tinklainę, taip pat vietoje gaminamas $\text{TNF-}\alpha$ turėtų būti toliau slopinamas sistemiškai vartojant infliksimabą [11]. Galutinis rezultatas – neuroprotekcinis poveikis, pasireiškiantis reikšmingai

mažesniu GL apoptozės laipsniu ir mažėjančia aksonų degeneracija regos nerve [6, 7, 11]. Vietinis TNF- α slopinimas yra labiau pageidautinas negu sisteminis gydymas, todėl atlikta eksperimentų, naudojant vaistą išskiriantį įrenginį, įkrautą maža infliksimabo doze. Įrenginys įdėtas triušiams po akies junginę. Praėjus 3 mėn. nustatyta, kad vaistai buvo toleruojami gerai, o tiriamųjų akyse, palyginti su kontroline grupe, nustatyta mažiau patologinių pažeidimų. Maža infliksimabo dozė, palyginti su kontroline grupe, nudegintoje ragenoje slopino CD45 ir TNF- α raišką, sumažino GL apoptozę ir regos nervo degeneraciją [8]. Harvardo oftalmologijos centre sukurta vaistų pristatymo sistema sudaro galimybę užtikrinti ilgalaikį anti-TNF- α antikūnų tiekimą. *In vivo* tyrimai parodė gerą biotoleranciją praėjus 3 mėn. po poodinės implantacijos. Tyrėjų teigimu, ši technologija ateityje gali būti pritaikyta ilgą laiką skiriant biologinius preparatus, tokius kaip anti-TNF- α , priekinio akies segmento ligoms gydyti [81]. Minėtina, kad informacija apie tinklainės neuroprotekciją gauta tik iš tyrimų, atliktų su gyvūnais.

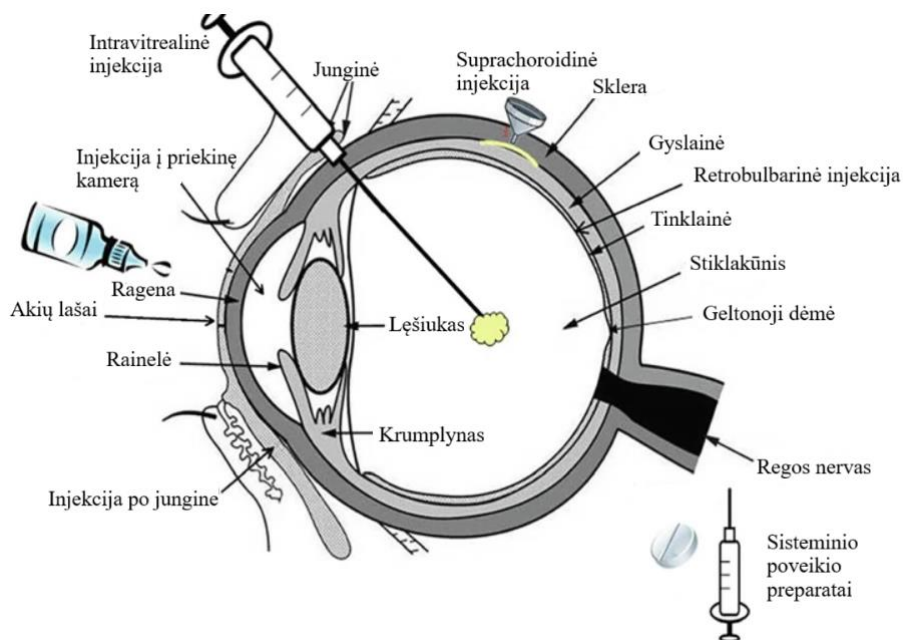
Kliniškai įrodyta, kad akispūdžio sumažinimas itin svarbus ilgalaikiai akių, patyrusių cheminį nudegimą, sveikatai [72, 74]. Akispūdžio šuoliai iš karto po nudegimo atsiranda dėl uždegiminio trabekulinio audinio ir episklerinių venų užsikimšimo. Atkreiptinas dėmesys, kad akispūdžio padidėjimo galima nepastebėti dėl pasunkėjusių galimybių jį išmatuoti esant ūmiai fazei, nudegus ragenai. Profilaktiškai akispūdį reikėtų mažinti iki žemiausio saugaus lygio iš karto po cheminės traumos. Esant ankstyvajai nudegimo fazei, sisteminiams karboanhidrazės inhibitoriams yra tinkamesni negu vietiniai akių lašai, nes antiglaukominiai lašai gali būti neveiksmingi ar dar labiau dirginti akį [11].

Vienpusis akių nudegimas įprastai kelia mažesnę grėsmę bendrajam paciento regėjimo aštrumui ir, kaip jau minėta, dažnai gydomas atliekant sveikos akies limbo ragenos epitelio transplantaciją [11, 82]. Žinoma, didžiausią iššūkį kelia abiejų akių didelio laipsnio nudegimai, kai nėra tinkamo ragenos epitelio šaltinio autotransplantacijai [11]. Šiuolaikinis požiūris remiasi ankstyvu uždegiminių kaskadų slopinimu, agresyvia akispūdžio kontrole ir regos aštrumą atkuriančiomis chirurginėmis intervencijomis – visa tai kartu sudaro kompleksinį gydymo algoritmą.

2.2.3. Ateities perspektyvos

Sisteminis TNF- α inhibitorių vartojimas siejamas su padidėjusia komplikacijų rizika. Vietinis akių lašų taikymas taip pat ribotas dėl prasto biologinio prieinamumo akyje [8]. Šiame kontekste inovatyvios vaistų pristatymo sistemos (angl. *drug delivery systems* (VPS)) tampa itin perspektyvia neuroprotekcinio gydymo po cheminių nudegimų kryptimi, nes suteikia

galimybę tiksliai ir saugiai nukreipti veikliąsias medžiagas į užpakalinį akies segmentą. Kuriamos kuo veiksmingesnės ir patogesnės vaistų pernešimo sistemos, pavyzdžiui, biodegraduojantys hidrogelio implantai, o kelios veikliosios medžiagos derinamos, siekiant sinergetinio poveikio. Vienas iš pavyzdžių – kombinuotas TNF- α ir KEAF inhibitorių taikymas, kuris užtikrina sinerginį poveikį. Tyrimai rodo, kad tokia kombinacija reikšmingai sumažina regos nervo aksonų ir GL netekimą po traumos. Be to, vienkartinė šios terapijos injekcija po jungine leidžia palaikyti stabilias terapines antikūnų koncentracijas visuose akių audiniuose net tris mėnesius [13].



5 pav. **Vaistų patekimo į akį keliai.** Vietinis vaistų vartojimas (akių lašai) išlieka pagrindinis ir dažniausiai taikomas oftalmologinių vaistų skyrimo būdas (sudaro daugiau kaip 95 proc. visų registruotų preparatų). Vis dėlto šis metodas pasižymi mažu biologiniu prieinamumu dėl ribotos penetracijos ir trumpo vaisto buvimo ant akies paviršiaus. Injekciniai vaistų skyrimo būdai sudaro galimybę pasiekti didesnę ir ilgiau išliekančią veikliųjų medžiagų koncentraciją tiksliniuose audiniuose. Sudaryta remiantis Ahmed S., Amin M.M., Sayed S. „Ocular Drug Delivery: a Comprehensive Review“.

Pastaraisiais metais nanotechnologijos padarė didelę pažangą, reikšmingai pakeisdamos akių paviršiaus cheminių pažeidimų gydymą. Jos suteikia galimybę užtikrinti ilgalaikį vaistų išsiskyrimą, pagerinti gydymo veiksmingumą ir sumažinti šalutinį poveikį [83]. Nanotechnologijomis

pagrįstos VPS, tokios kaip nanomicelės, liposomos, *in situ* geliai, biodegraduojantys implantai, kontaktiniai lęšiai su įterptais vaistais bei mikroadatų sistemos, leidžia įveikti tradicines akies paviršiaus barjerines kliūtis, pailgina biomedžiagų vietinį atpalaidavimą ir sumažina sisteminį šalutinį poveikį [84]. Ypač perspektyvios liposomos ir nanodalelės, kurios dėl kontroliuojamo veikliųjų medžiagų išskyrimo, geresnio biosuderinamumo ir mažesnio šalutinio poveikio gali būti veiksmingai taikomos ūminių cheminių nudegimų atvejais [83].

Nanotechnologijos suteikia reikšmingų pranašumų taikant tikslinį vaistų tiekimą. Skirtingai nuo tradicinės vaistų terapijos, nanomedžiagos gali tiksliai lokalizuotis pažeidimo vietose modifikuodamos paviršių ir taip padidindamos gydymo veiksmingumą [83]. Šis novatoriškas požiūris yra perspektyvi kryptis kuriant naujos kartos terapijas, skirtas akių paviršiaus problemoms spręsti patyrus cheminių sužalojimų [85]. Įprastinės ir nanomedicinos vaistų pernešimo sistemos toliau tobulėja, todėl tikimasi, kad vykdomi moksliniai tyrimai duos daug žadančių rezultatų, dar labiau išplečiančių gydymo galimybes esant akių paviršiaus cheminiams nudegimams. Žvelgiant į ateitį, dėl tarpdisciplininio bendradarbiavimo ir technologinių inovacijų nanotechnologijoms prognozuojamas esminis vaidmuo sprendžiant oftalmologinių ligų gydymo problemas [83]. Vis dėlto inovatyvių metodų taikymas gydant akis kelia ir saugumo klausimų. Kai kurie nanodalelių tipai gali būti toksiški ragenai, junginei ar tinklainei, ypač ilgalaikio poveikio atvejais. Tai būtina įvertinti pritaikant VPS cheminiams nudegimams gydyti [86].

2.3. Visuomenės informuotumas

2.3.1. Visuomenės žinių svarba akių traumų prevencijai

Siekiant užkirsti kelią cheminiams akių nudegimams ir užtikrinti tinkamą jų valdymą, būtina gerai išplėtotą visuomenės žinių bazę [87]. Pastaraisiais dešimtmečiais pastebimas technologinės saugos priemonių tobulėjimas, tačiau epidemiologiniai tyrimai rodo, kad didelė dalis akių cheminių pažeidimų įvyksta buityje, naudojant buitinę chemiją ar darbo vietoje netinkamai laikantis saugos reikalavimų [40]. Laiku pradėta pirmoji pagalba cheminių traumų metu (irigacija) yra esminis veiksnys, nulemiantis galutinę prognozę [88]. Visuomenės informuotumas – viena iš pagrindinių determinančių, lemiančių tiek traumų dažnį, tiek jų baigtį. Tyrimai rodo, kad net ir išsivysčiusiose šalyse daugelis žmonių neturi tinkamų žinių apie pirmosios pagalbos principus, ypač apie skubią ir gausią irigaciją, kuri yra

esminė sąlyga ragenai ir kitoms akies struktūroms išsaugoti [89]. Netinkama reakcija pirmosiomis minutėmis gali lemti blogesnę klinikinę baigtį net ir tais atvejais, kai gydymo įstaigoje suteikiama kvalifikuota oftalmologinė pagalba. Tai ypač aktualu gydant vaikus ir jauno amžiaus pacientus, kurie dažniausiai traumas patiria namų aplinkoje, o pirminius sprendimus priima tėvai ar kiti šeimos nariai [90]. Saudo Arabijoje atliktos apklausos metu nustatyta, kad 8,4 proc. gyventojų klaidingai manė, jog rūgštį reikia neutralizuoti šarmais ir atvirkščiai, nors toks veiksmas gali dar labiau pažeisti audinius [89]. Ne mažiau svarbios visuomenės žinios apie apsaugos priemones. Nustatyta, kad apsauginių priemonių naudojimas reikšmingai sumažina akių traumų riziką [91, 92], tačiau šių priemonių naudojimo rodikliai išlieka nepakankami net ir aukštos rizikos sektoriuose. Atlikto tyrimo duomenimis [93], nė vienas iš 35,1 proc. pacientų, apie kuriuos surinkta informacija, nenaudojo jokios apsaugos tvarkydami chemines medžiagas. Tai atskleidžia, kad informuotumas turi apimti ne tik pirmąją pagalbą, bet ir traumų prevencijos elgseną. Gauti duomenys patvirtina, kad visuomenės žinių lygis tiesiogiai susijęs su prevencijos efektyvumu ir traumų padarinių mažinimu, todėl būtina investuoti į visuomenės sveikatos švietimą, akcentuojant pirmosios pagalbos svarbą, aiškius ir lengvai pritaikomus elgsenos modelius bei apsaugos priemonių naudojimą.

2.3.2. Žinių trūkumas, edukacijos poreikis

Visuomenės žinios apie akių cheminius nudegimus dažniausiai fragmentiškos ir priklauso nuo to, iš kokių šaltinių jų įgyjama [94]. Žinių trūkumas pasireiškia keliais aspektais. Pirma, daugelis gyventojų nesuvokia pirmosios pagalbos svarbos – dažnai minima, kad pagalbos reikėtų kreiptis į medikus, tačiau nesuprantama, jog lemtingas veiksnys yra nedelsiant pradėta irigacija. Antra, visuomenė dažnai nėra pakankamai informuota apie tinkamą irigaciją: apklausose pasitaiko atsakymų, kad galima naudoti ne tik vandenį, bet ir kitus skysčius, tačiau jie gali dar labiau pažeisti akį. Trečia, žinių trūksta ir apie apsaugos priemones – tiek buityje, tiek profesinėje aplinkoje daug žmonių jų nenaudoja arba naudoja netinkamai. Macdonald ir kt. [33] 2009 m. atlikto tyrimo metu tik vienas tiriamasis naudojo akių apsaugą. Tai atskleidžia itin žemą akių apsaugos priemonių taikymo dažnį tarp tirtos populiacijos. Akių apsauginių priemonių efektyvumas užkertant kelią sunkioms traumoms plačiai dokumentuotas [95, 96]. Nepaisant informacijos ir visuomenės sveikatos iniciatyvų prieinamumo, paprastų ir veiksmingų priemonių, tokių kaip apsauginių akinių dėvėjimas ar skubi irigacija, taikymas išlieka reikšmingu iššūkiu. Darbo vietose privalomas apsauginių akinių naudojimas

daugeliu atvejų eliminavo profesinių akių traumų atvejus Norvegijos populiacijoje [97]. Šiandien bendrųjų rekomendacijų sklaida ir apsauginių priemonių prieinamumas yra svarbesni negu bet kada anksčiau, ypač atsižvelgiant į savarankiškų namų ūkio darbų mastą, išaugusį po COVID-19 pandemijos, bei į buityje padidėjusį cheminių traumų skaičių [98, 99]. Netinkamas akių cheminių nudegimų valdymas esant ūminei fazei gali lemti užsitęsusį gijimą, suboptimalius klinikinius rezultatus ir negrįžtamą akių bei akies priedų pažeidimą. Po šių traumų dažnai fiksuojamas reikšmingas neigiamas poveikis regos funkcijai, su sveikata susijusiai gyvenimo kokybei ir psichologinei gerovei. Pacientams, patyrusiems akių cheminių nudegimų, palyginti su bendrąja populiacija, dažniau pasireiškia nerimas, depresija ir psichologinis distresas [17]. Šiuo metu Lietuvoje nėra oficialiai įgyvendintų akių traumų prevencijos programų. Vis dėlto traumų prevencijos srityje veikia bendrojo pobūdžio iniciatyvos, orientuotos į vaikų fizinių traumų mažinimą. Viena iš jų – projektas „Saugus vaikas“, finansuojamas Valstybinio visuomenės sveikatos stiprinimo fondo ir koordinuojamas Sveikatos apsaugos ministerijos. Ši programa apima metodinę medžiagą tėvams ir pedagogams bei praktinius mokymus apie vaikų traumų prevenciją namuose ir mokyklose, tačiau akcentuojamas bendrasis saugumo ugdymas, o ne specifinės akių ar cheminių traumų prevencinės priemonės [100].

Apibendrinant galima teigti, kad visuomenės informuotumas apie akių cheminius nudegimus išlieka nepakankamas. Tai lemia klaidingus pirmosios pagalbos veiksmus ūmios traumos metu ir didina nepalankių klinikinių baigčių riziką, todėl būtina plėtoti sistemines, įrodymais grįstas edukacines strategijas, užtikrinančias, kad pirmosios pagalbos žinios būtų nuosekliai skleidžiamos patikimais kanalais, koordinuojamais sveikatos priežiūros specialistų.

3. DARBO MEDŽIAGA IR METODAI

3.1. Klinikinis tyrimas

3.1.1. Tyrimo vieta, apimtis, įtraukimo ir atmetimo kriterijai

Atvejo–kontrolės tipo perspektyvusis stebėjimo tyrimas atliktas 2023–2025 m. Respublikinėje Vilniaus universitetinėje ligoninėje (Vilnius, Lietuva). Tyrimui vykdyti gautas Vilniaus regiono biomedicininį tyrimų etikos komiteto (Nr. 2023/5-1520-976) leidimas (2023-05-05). Sudarytos dvi grupės: atvejo grupė – pacientai, patyrę cheminius akių nudegimus, ir kontrolinė grupė – oftalmologiškai sveiki asmenys. Visi tyrimo dalyviai prieš įtraukiami į tyrimą pasirašė informuoto asmens sutikimo formą. Darbo metu vadovautasi Helsinkio deklaracija [101, 102]. Statistinė galia apskaičiuota naudojant *G*Power* programinę įrangą [103, 104], siekiant įvertinti, ar pasirinkta imtis yra pakankama statistiškai reikšmingiems skirtumams nustatyti. Į tiriamąją imtį įtraukus 151 akį (64 nudegimų grupėje ir 87 kontrolinėje grupėje), apskaičiuota, kad tyrimo galia siekia 80 proc., o tai leidžia aptikti vidutinio dydžio efektą (Cohen $d = 0,5$) esant reikšmingumo lygiui $\alpha = 0,05$. Apskaičiuota statistinė galia patvirtina, kad pasirinkta imtis buvo pakankama tyrimo rezultatų patikimumui užtikrinti ir kliniškai reikšmingiems vidutinio dydžio skirtumams tarp tiriamųjų grupių identifikuoti.

Tiriamųjų įtraukimo į atvejo grupę kriterijai:

1. Diagnozuotas cheminis akių nudegimas, patvirtintas oftalmologo.
2. Paciento sutikimas dalyvauti tyrime ir atvykti į kontrolines apžiūras po 3–6 mėn. (pasirašyta informuoto asmens sutikimo forma).
3. Amžius ≥ 18 metų.
4. Normalus akispūdis (≤ 21 mm Hg).
5. Nudegimo metu diagnozuota limbo išemija.
6. Neigiama glaukomos anamnezė.
7. Nenustatyta kitų akių ligų, išskyrus nedideles refrakcijos ydas (toliaregystė $\leq +2,00$ D, trumparegystė $\leq -3,00$ D, astigmatizmas $\leq 1,00$ D).

Tiriamųjų neįtraukimo į atvejo grupę kriterijai:

1. Tiriamojo atsisakymas dalyvauti tyrime ar pasitraukimas iš tyrimo stebėjimo laikotarpiu.
2. Amžius < 18 metų.
3. Alergija arba padidėjęs jautrumas vietiniams anestetikams ir midriatikams.
4. Glaukoma, įrašyta anamnezėje ar diagnozuota tyrimo metu.

5. Anksčiau patirtos akiduobės ar akių traumos.
6. Bet kokios priekinio ir (ar) užpakalinio akies segmento ligos, galinčios turėti įtakos tyrimo rezultatams.
7. Bet kokios sisteminės ar infekcinės ligos (nekompensuotas cukrinis diabetas, Alzheimerio liga, autoimuninės ligos ir kt.).

Stebėjimo schema. Pacientai tirti esant ūminei fazei ir praėjus 3 mėn. Jei nustatyta reikšminga asimetrija tarp akių (tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio (TNSS) storio skirtumas $>9\ \mu\text{m}$ arba GLS storio skirtumas $>4,5\ \mu\text{m}$) [105–108], atlikta pakartotinė kontrolė po 3 mėn. (praėjus 6 mėn. nuo patirtos traumos). Stebėjimo terminai pasirinkti remiantis anksčiau atliktais tyrimais [33, 34, 109, 110]. Siekiant išvengti priklausomų stebėjimų, atlikta jautrumo analizė: pacientams, kuriems buvo pažeistos abi akys (nudegimų grupė), analizei atsitiktinai parinkta viena akis. Rezultatai nesiskyrė nuo pirminės analizės. Nudegimo sunkumo vertinimas atliktas taikant Dua klasifikaciją [88]. Analizuotos visos stadijos, išskyrus I (visiems į tyrimą įtrauktiems pacientams diagnozuota limbo išemija) ir VI (nebuvo pacientų, kuriems diagnozuota ši stadija).

Tiriamųjų įtraukimo į kontrolinę grupę kriterijai:

1. Atsitiktine tvarka atrinkti Respublikinės Vilniaus universitetinės ligoninės lankytojai (pasirašyta informuoto asmens sutikimo forma).
2. Amžius ≥ 18 metų.
3. Tiriamajam nebuvo diagnozuota (nesirgo) glaukoma.
4. Nenustatyta akių ligų, išskyrus nedideles refrakcijos ydas (toliaregystė $\leq +2,00\ \text{D}$, trumparegystė $\leq -3,00\ \text{D}$, astigmatizmas $\leq 1,00\ \text{D}$).

Tiriamųjų neįtraukimo į kontrolinę grupę kriterijai:

1. Tiriamasis atsisakė dalyvauti tyrime.
2. Amžius < 18 metų.
3. Alergija arba padidėjęs jautrumas vietiniams anestetikams ir midriatikams.
4. Glaukoma, įrašyta anamnezėje ar diagnozuota tyrimo metu.
5. Anksčiau patirtos akiduobės ar akių traumos.
6. Bet kokios priekinio ir (ar) užpakalinio akies segmento ligos, galinčios turėti įtakos tyrimo rezultatams.
7. Bet kokios sisteminės ar infekcinės ligos (nekompensuotas cukrinis diabetas, Alzheimerio liga, autoimuninės ligos ir kt.).

Atrankos procedūra. Prieš įtraukiant pacientus į tyrimą atlikta standartizuota medicininė apklausa, kurios metu įvertintos sisteminės ligos (cukrinis diabetas, arterinė hipertenzija, širdies ir kraujagyslių ligos, autoimuninės ligos, neurodegeneracinės ligos, lėtinis vaistų vartojimas). Asmenys, kuriems buvo diagnozuotos minėtos būklės, į tiriamąją imtį nebuvo

įtraukti. Analizuota dešinioji pacientų akis, o jei ji tyrimui netiko, – kairioji. Refrakcijos ydų ribos nustatytos remiantis ankstesnių tyrimų duomenimis: mažo laipsnio refrakcijos ydoms priskiriama toliaregystė iki +2,00 D, trumparegystė iki –3,00 D ir astigmatizmas iki 1,00 D [111, 112].

3.1.2. Tiriamųjų oftalmologinis ištyrimas

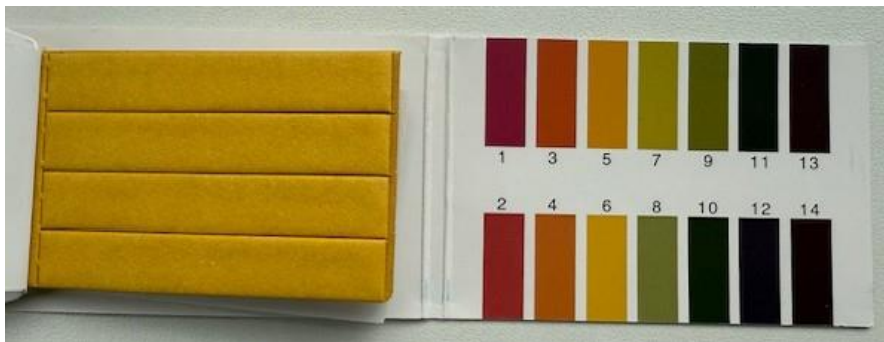
Pacientai, kurie lankėsi Respublikinėje Vilniaus universitetinėje ligoninėje ir atitiko tyrimo įtraukimo kriterijus, buvo kviečiami dalyvauti tyrime. Visiems tiriamiesiems atliktas išsamus abiejų akių oftalmologinis ištyrimas.

1. Geriausio koreguoto regos aštrumo tyrimas

Visiems tiriamiesiems Sneleno metodu nustatytas regos aštrumas į tolį, esant optimaliai optinei korekcijai, t. y. geriausias koreguotas regos aštrumas. Regos aštrumas vertintas 5 m atstumu, naudojant ekrane pateikiamą Sneleno optotipų lentelę. Optotipų lentelė nustatoma, kiek pacientas mato 5 m atstumu nesant korekcijos, su savo turima korekcija ir su geriausiai regėjimo aštrumą koreguojančia korekcija. Normalus regos aštrumas pagal Sneleno lentelę yra 1,0. Nekoreguotas ir koreguotas regos aštrumas į tolį vertintas kiekvienos akies atskirai.

2. Akies paviršiaus pH nustatymas

Esant ūminei fazei, atvejo grupės pacientams įvertintas akies paviršiaus pH, naudojant universalų indikatorinį popierių (pH 1–14) su spalvų skale. Juostelė trumpam priglausta prie apatinio junginės maišelio, vengiant tiesioginio kontakto su ragenos epitelium, o gautas spalvinis atsakas palygintas su standartine pH lentele ir nustatyta apytikslė pH reikšmė (6 pav.). Matavimai atlikti laikantis mokslinėje literatūroje pateiktų rekomendacijų [55, 113].



6 pav. pH matavimas naudojant universalų indikatorinį popierių

3. Autorefraktometrija

Objektyvi refrakcija dioptrijomis ištirta autorefraktometu *Topcon TRK-2P* (*Topcon Corporation*, Tokijas, Japonija). Siekiant sumažinti atsitiktinių paklaidų poveikį, buvo atliekami bent trys atskiri kiekvienos akies matavimai, o esama refrakcijos yda – trumparegystė, toliaregystė, astigmatizmas – fiksuota remiantis rezultatų vidurkiu.

4. Pachimetrija

Centrinis ragenos storis (CRS) nustatytas automatinio režimu, naudojant pachimetrą *Topcon TRK-2P* (*Topcon Corporation*, Tokijas, Japonija). Tyrimo metu tiriamasis žvilgsnį fiksavo į įrenginio taikinį, o prietaisas automatiškai atliko matavimą ragenos centre. Atlikti trys nuoseklūs kiekvienos akies matavimai, o galutinė CRS reikšmė apskaičiuota kaip šių matavimų aritmetinis vidurkis (μm).

5. Oftalmotonometrija

Intraokulinis spaudimas (IOS) nustatytas bekontakčiu oro srauto tonometrija, naudojant analizatorių *Topcon TRK-2P* (*Topcon Corporation*, Tokijas, Japonija). Prietaisas automatiškai atlieka akispūdžio vertės korekciją, atsižvelgdamas į ragenos histerezę ir biomechaninį standumą, taip užtikrinant tikslesnius matavimo rezultatus. Atlikti trys kiekvienos akies matavimai, galutinė IOS reikšmė apskaičiuota kaip šių matavimų aritmetinis vidurkis. Akispūdis išreikštas mm Hg. Padidėjusiu akispūdžiu laikomas >21 mm Hg [114]. Pasirinktas nekontaktinis metodas, nes tiriamųjų, patyrusių nudegimų, grupėje dažnai nustatoma pažeista ragena, todėl kontaktiniai matavimo būdai galėtų sukelti papildomą diskomfortą ar traumuoti audinius.

6. Biomikroskopija

Priekinio akies segmento apžiūra atlikta standartiniu biomikroskopu (plyšinė lempa, *SL 115 Classic*, *Carl Zeiss Meditec AG*, Vokietija, 2017). Įvertinta priekinio segmento būklė, ar nėra pakitimų, kurie galėtų iškreipti tyrimo rezultatus (pavyzdžiui, ryški sparninė plėvė, uždegimas, įgimtos anomalijos, pažengusi katarakta ir kt.). Į tiriamąją imtį įtrauktos tik tos akys, kurių priekinio segmento struktūros buvo tinkamos ir leido patikimai atlikti tolesnius tyrimus.

7. Oftalmoskopija

Akių dugno apžiūra atlikta naudojant plyšinę lempą (*SL 115 Classic*, *Carl Zeiss Meditec AG*, Vokietija, 2017) ir lęšį (90 D (*Volk*, JAV)), laikomą tam tikru atstumu nuo akies paviršiaus. Įvertinta regos nervo disko morfologija (ekskavacijos dydis, disko ribų aiškumas, glaukomai ar regos nervo atrofijai būdingi požymiai), geltonosios dėmės sritis (patologinių pokyčių nebuvimas, epiretinių membranų, amžinės geltonosios dėmės degeneracijos požymiai), taip pat atlikta tinklainės periferijos apžiūra, siekiant nustatyti galimas

degeneracijas ar plyšius. Į tiriamąją imtį įtrauktos tik tos akys, kurių dugno vaizdas leido patikimai įvertinti akies užpakalinio segmento struktūras.

8. Gonioskopija

Priekinės akies kameros kampo vertinimas atliktas naudojant trijų veidrodžių Goldmano gonioskopinį lęšį (*Volk, JAV*). Gonioskopija atlikta esant standartinėms sąlygoms, naudojant plyšinę lempą (*SL 115 Classic, Carl Zeiss Meditec AG, Vokietija*). Vertintos priekinės kameros kampo struktūros ir nustatytas kampo plotis (atvirasis arba uždasis) pagal Shafferio skalę [115].

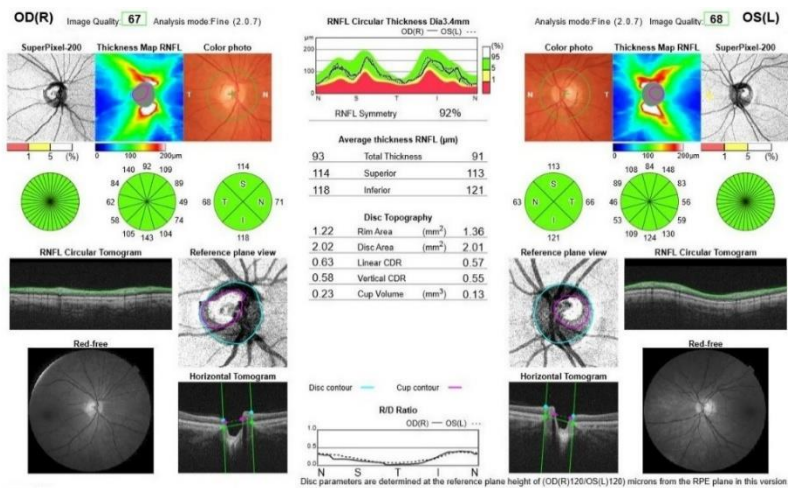
9. Akipločio tyrimas

Regos laukas (akipločio) buvo vertinamas atliekant kompiuterinę perimetriją (*24-2 SITA-Fast strategy, Humphrey HFA3, Zeiss*). Akipločio tyrimas nevertintas, jei fiksacijos klaidų buvo >20 proc., o klaidingai teigiamų ir klaidingai neigiamų rezultatų dalis siekė >33 proc. Atliekant akipločio tyrimą, vertinti šie duomenys: vidutinis nuokrypis, modelio standartinis nuokrypis, regos funkcijos indeksas. Remiantis Hodappo–Parrisho–Andersono klasifikacija [116], tiriamųjų grupės suskirstytos į pogrupius.

10. Optinė koherentinė tomografija

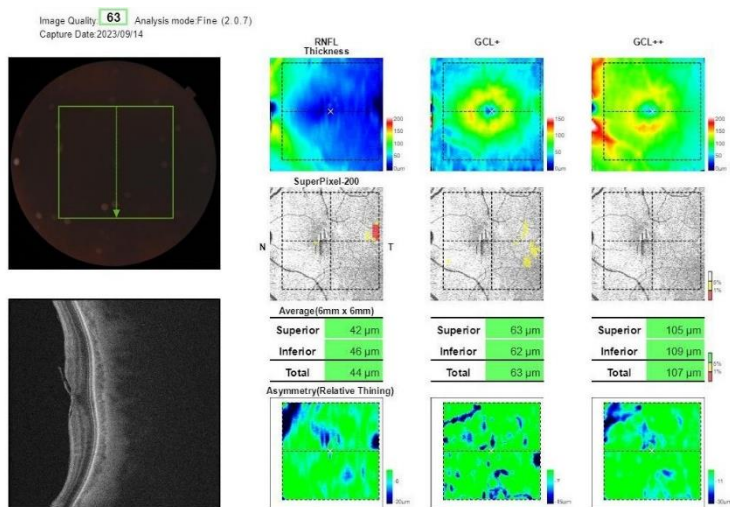
Užpakalinio akies segmento struktūriniai tyrimai atlikti naudojant optinės koherentinės tomografijos (OKT) aparatą *DRI-OCT Triton (Topcon Corporation, Tokijas, Japonija; versija 1.31.17967)*. Tyrimo metu tiriamųjų buvo prašoma fiksuoti žvilgsnį į taikinį, taip sumažinant akių judesių poveikį vaizdo kokybei. Į analizę įtraukti tik tie vaizdai, kurie atitiko kokybės kriterijus – centrinė fiksacija ir vaizdo kokybės indeksas (angl. *Image Quality Value*) ≥ 50 [117, 118]. Vaizdai su judesio artefaktais, blogu centravimu ar segmentacijos klaidomis atmesti. Visus OKT tyrimus atliko tas pats patyręs specialistas, taip užtikrintas tyrimo pakartojamumas. Kontroliniai tyrimai atlikti praėjus 3 mėn. po traumos ir, esant indikacijų, po 6 mėn.

Regos nervo disko parametrai pateikiami spalvinėje skalėje, palyginus juos su normatyvine duomenų baze. Automatiškai sugeneruoti šie rodikliai: vidutinis tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio (TNSS, angl. *RNFL*) storis, neuroretinio krašto plotas (angl. *rim area*), regos nervo disko plotas (angl. *disc area*), horizontalus ekskavacijos ir disko santykis, vertikalus ekskavacijos ir disko santykis (*CDR*), ekskavacijos tūris (angl. *cup volume*). Skrituliniai grafikai iliustruoja TNSS vidutinius storius pagal kvadrantus: S – *superior* (viršutinis), T – *temporal* (temporalinis), I – *inferior* (apatinis), N – *nasal* (nazalinis). Spalvinė koduotė pateikiama pagal normatyvinį skirstinį: žalia spalva žymi reikšmes, patenkančias į 5–95 proc. intervalą, geltona – į 1–5 proc. intervalą, raudona žymi mažiau negu 1 proc. reikšmes, palyginti su normatyvine duomenų baze (7 pav.).



7 pav. Regos nervo disko analizė, atlikta optine koherentine tomografija (DRI-OCT Triton).

Geltonosios dėmės srities struktūros analizei OKT aparatas automatiškai sugeneruoja ir pateikia atskirų tinklainės sluoksnių (TNSS, GLS+ kompleksas, GLS++ kompleksas) storių vertes. Rezultatai vaizduojami spalvinėje skalėje, lyginant su normatyvine baze: žalia spalva žymi 5–95 proc. intervalą, geltona – 1–5 proc., raudona – mažiau negu 1 proc. reikšmės. Taip pat automatiškai apskaičiuojami vidutiniai storio rodikliai (µm) pagal viršutinį ir apatinį kvadrantus bei bendrasis vidurkis (8 pav.).



8 pav. Geltonosios dėmės srities struktūrinių sluoksnių analizė, atlikta optine koherentine tomografija (DRI-OCT Triton).

Bendrųjų sveikatos rodiklių nustatymas

1. Arterinio kraujos spaudimo (AKS) ir širdies susitraukimų dažnio matavimai.

AKS buvo matuojamas skaitmeniniu automatiniu kraujospūdžio aparatu tiriamiesiems prieš tai apie 5 min. ramiai pasėdėjus ar pagulėjus. Matuota 1,0 mm Hg stulpelio tikslumu. Taip pat aparatu įvertintas ir širdies susitraukimų dažnis.

2. Akies perfuzinio spaudimo (APS) apskaičiavimas.

APS apibūdinamas kaip spaudimų skirtumas tarp arterinio ir veninio kraujo aprūpinimo. Sutarta, kad akyje veninis spaudimas yra apytiksliai lygus intraokuliniam spaudimui (IOS). APS buvo apskaičiuojamas taikant formulę: $APS = 2/3 \text{ vidutinis AKS} - IOS$. Vidutinis AKS buvo apskaičiuojamas taikant formulę: $\text{diastolinis AKS} + 1/3 (\text{sistolinis AKS} - \text{diastolinis AKS})$ [119].

3.1.3. Statistinė analizė

Gauti tiriamųjų duomenys buvo nuasmeninti, kiekvienam tiriamajam priskiriant unikalų kodą. Nuasmeninti duomenys rinkti standartizuotomis tyrimo anketomis ir perkelti į elektroninę duomenų bazę, naudojant *Microsoft® Excel* (*Microsoft Corp.*, Redmond, JAV) ir *IBM SPSS Statistics 27.0* programinį paketą (*IBM Corp.*, Armonk, JAV) statistinei analizei atlikti. Duomenų normalumo prielaida tikrinta taikant Shapiro ir Wilko (angl. *Shapiro-Wilk*) bei Kolmogorovo ir Smirnov (angl. *Kolmogorov-Smirnov*) testus. Esant normaliajam duomenų pasiskirstymui, ryšiams tarp kiekybinių kintamųjų įvertinti taikytas Pearsono koreliacijos koeficientas, o esant nenormaliam pasiskirstymui – Spearmano rangų koreliacija. Kiekybiniais kintamiesiems tarp dviejų nepriklausomų grupių palyginti buvo taikytas Stjudento t-testas (angl. *Student's t-test*) nepriklausomoms imtims, o nenormaliai pasiskirsčiusiems duomenims – Manno ir Whitney (angl. *Mann-Whitney U*) testas. Dviem priklausomoms imtims palyginti naudotas Wilcoxon ženklių rangų testas. Ryšiams tarp kategorinių kintamųjų vertinti taikytas Chi kvadrato nepriklausomumo testas. TNSS ir GLS plonėjimo prognozei sudaryta binarinė logistinė regresijos analizė. Statistiškai reikšmingu laikytas $p < 0,05$. Dėl daugybinių palyginimų taikyta Bonferroni korekcija, pateikiant koreguotas p reikšmes.

3.2. Visuomenės apklausa

3.2.1. Tiriamųjų anketavimas

Atlikus išsamią mokslinės literatūros apžvalgą [89, 120–123], apklausoje pateikti dažniausiai pasikartojantys klausimai. Anoniminėje anketoje buvo klausama apie respondentų amžių, lytį, išsilavinimą bei jų žinias ir patirtį, susijusią su cheminiais nudegimais. Atlikta bandomoji apklausa, kurioje dalyvavo ribotas respondentų skaičius ($n = 20$); šie duomenys į galutinius rezultatus nebuvo įtraukti. Visiems dalyviams užtikrinta, kad duomenys bus renkami anonimiškai. Taip siekta sumažinti su savianalize susijusios paklaidos riziką. Respondentų žinios apie cheminius akių pažeidimus buvo vertinamos šešiais klausimais, kurie apėmė bendrąją informaciją apie šarmines ir rūgštines medžiagas bei neatidėliotiną akių nudegimų gydymo protokolą. Už kiekvieną teisingą atsakymą buvo skiriamas 1 balas, o už neteisingą atsakymą arba atsakius „nežinau“ – 0 balų. Taigi bendrasis įvertinimas galėjo svyruoti nuo 0 iki 6 balų. Respondentų žinių lygis buvo vertinamas pagal modifikuotus Bloomo ribinius kriterijus [124–126]: aukštas žinių lygis nustatytas, jei rezultatas siekė 80–100 proc. (5–6 balai), vidutinis – jei 50–79 proc. (3–4 balai), o žemas – jei mažiau negu 50 proc. (<3 balai). Šiuo tyrimu siekta įvertinti Lietuvos gyventojų bendrą supratimą apie akių cheminių traumų priežastis, simptomus ir pirmosios pagalbos priemones. Duomenys šiam skerspjūvio tyrimui buvo renkami 2024 m. balandžio–gegužės mėn. Anketa pateikta dviem formatais: internetu ir popierine forma. Skaitmeninė forma buvo skelbiama *Google Forms* platformoje, o duomenys rinkti pasitelkus „sniego gniūžtės“ atranką per socialinius tinklus. Sutikimas dalyvauti buvo laikomas duotu, kai respondentai paspausdavo mygtuką *Go to Survey*. Popierinė anketos versija buvo platinama Respublikinėje Vilniaus universitetinėje ligoninėje tarp darbuotojų ir lankytojų, siekiant apklausti kuo platesnę visuomenės dalį. Šiuo atveju sutikimas laikytas duotu, kai respondentai sutiko pildyti anketą. Iš viso apklausą užpildė 385 asmenys: 273 pasirinko popierinę formą, o 112 – skaitmeninę apklausą.

Imties dydžio nustatymas. Imties dydis apskaičiuotas taikant proporcijų imčiai naudojamas formules (Cochran, 1977; Paniotto, 1984).

Klasikinė Cochrano formulė (Cochran, 1977) [127, 128]:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2},$$

kur:

Z – standartizuoto normalinio skirstinio reikšmė (95 % patikimumui

Z = 1,96),

p – požymio pasireiškimo tikimybė (0,5),

e – leistina paklaida.

Apskaičiuotas imties dydis: $n \approx 384$.

Panašus rezultatas buvo gautas ir taikant Paniotto formulę [129], kurioje iš karto įtraukiama baigtinės populiacijos korekcija:

$$n = \frac{t^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\Delta^2 \cdot (N - 1) + t^2 \cdot p \cdot q},$$

kur:

n – reikalingas imties dydis,

N – visos populiacijos dydis,

t – standartizuoto normalinio skirstinio reikšmė pagal pasirinktą patikimumo lygį (pavyzdžiui, 95 % $\rightarrow t = 1,96$),

p – požymio pasireiškimo tikimybė populiacijoje (jei nežinoma, dažniausiai imama $p = 0,5$),

q = 1 – p – požymio nepasireiškimo tikimybė,

Δ – leistina paklaida (pavyzdžiui, $\pm 0,05$).

Atsižvelgiant į Lietuvos gyventojų skaičių ($N \approx 2,8$ mln.), skirtumas tarp Cochrano ir Paniotto metodikų yra nereikšmingas, todėl šiam tyrimui imtis ≥ 385 respondentų yra pakankama, siekiant 95 % pasikliautinumo lygio ir ± 5 % paklaidos.

Anketos forma pateikiama priede.

3.2.2. Statistinė analizė

Kaip jau minėta, tiriamųjų duomenys nuasmeninti, kiekvienam respondentui priskiriant unikalų identifikacinį kodą. Nuasmeninti duomenys surinkti standartizuotomis tyrimo anketomis ir perkelti į elektroninę duomenų bazę, naudojant *Microsoft® Excel* (*Microsoft Corp.*, Redmond, JAV). Statistinė analizė atlikta naudojant *IBM SPSS Statistics 27.0* programinę paketą (*IBM Corp.*, Armonk, JAV). Bendras kintamųjų pasiskirstymas pateiktas dažnių lentelėse. Kokybiniai kintamieji aprašyti absoliučiaisiais skaičiais ir

procentais. Kategorinių kintamųjų ryšiams vertinti sudarytos kryžminės lentelės, taikytas χ^2 nepriklausomumo kriterijus, Fisherio tikslusis kriterijus (angl. *Fisher's criterion*) bei Z-testas, koreguotas Bonferroni metodu. Statistiškai reikšmingu laikytas $p < 0,05$.

4. REZULTATAI

4.1. Klinikinis tyrimas

4.1.1. Tiriamųjų demografinės ir klinikinės charakteristikos

Nudegimus patyrusių pacientų grupėje buvo 53 tiriamieji: 56,6 proc. moterų ir 43,4 proc. vyrų. Vidutinis jų amžius – $41,84 \pm 14,65$ m. 81,1 proc. tiriamųjų nebuvo hospitalizuoti. Vidutinė hospitalizuotųjų gydymo trukmė – $5,10 \pm 2,38$ dienos. Vidutinė trukmė nuo traumos iki patekimo į skubios pagalbos skyrių – 5,74 val. (0,25–48 val.). Profesinės charakteristikos atskleidė, kad beveik pusę tiriamųjų sudarė darbininkai (49,1 %). Traumos dažniausiai įvyko pavasarį (39,6 %) ir rudenį (32,1 %). Dauguma jų patirtos buityje (81,1 %), rečiau – darbo vietoje (18,9 %). Prieš atvykstant į gydymo įstaigą, 90,6 proc. pacientų atlikta akių irigacija. Vienpusiai pažeidimai sudarė 79,2 proc., abipusiai – 20,8 proc. Daugiausia nudegimų sukėlė šarmai (58,5 %), rečiau – rūgštys (37,7 %). 3,8 proc. atvejų cheminės medžiagos kilmė nebuvo nustatyta. Esant ūminei gydymo fazei, beveik visi pacientai (98,1 %) gydyti vietiskai gliukokortikoidais ir antibiotikų lašais, trečdaliui skirtas geriamasis vitaminas C (37,7 %), penktadaliui – doksiciklinas (18,9 %) (6 lentelė).

6 lentelė. Respondentų demografinės ir klinikinės charakteristikos (tiriamųjų, patyrusių nudegimus, grupė)

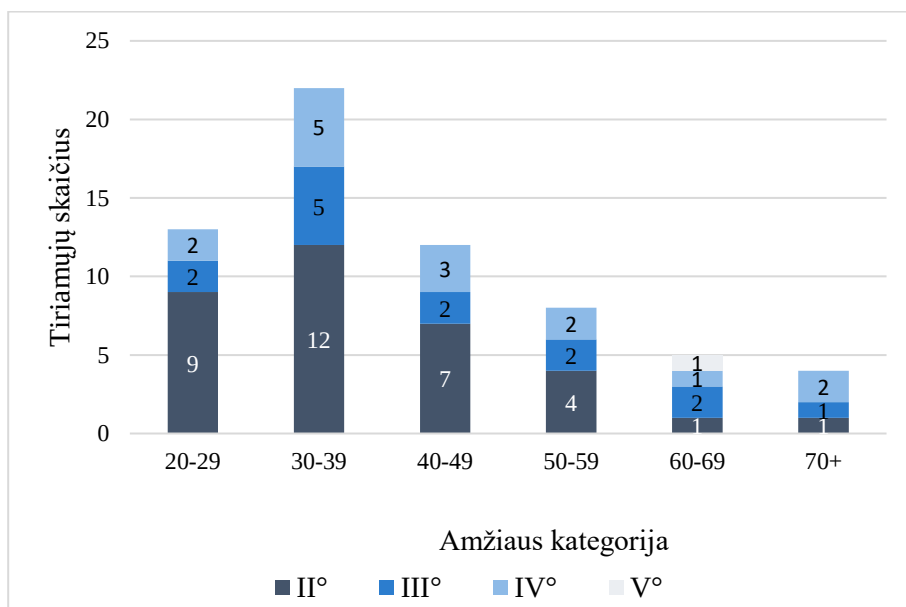
Respondentų charakteristikos	n	proc.
Lytis:		
Vyras	23	43,4
Moteris	30	56,6
Amžius (metai), vidurkis ($\pm$ SN)	$41,84 \pm 14,65$	
Gydymas stacionare:		
Gydytas stacionare	10	18,9
Negydytas stacionare	43	81,1
Hospitalizacijos trukmė (dienos), vidurkis ($\pm$ SN)	$5,10 \pm 2,38$	
Laikas nuo traumos iki atvykimo į SPS (val.), vidurkis (min.–maks.)	5,74 (0,25–48)	
Profesija:		
Administracinės srities darbuotojas	11	20,8
Ūkininkas	2	3,8
Darbininkas	26	49,1
Individuali veikla	10	18,8
Kita	4	7,5

Pradinis GKRA, vidurkis (±SN)	0,53±0,25	
Galutinis GKRA, vidurkis (±SN)	0,94±0,13	
IOS, mm Hg, vidurkis (±SN)	16,25±3,16	
Ragenos storis centre, μm, vidurkis (±SN)	546,9±36,46	
Traumos sezoniškumas:		
Vasara	8	15,1
Ruduo	17	32,1
Žiema	7	13,2
Pavasaris	21	39,6
Traumos vieta:		
Buityje	43	81,1
Darbo vietoje	10	18,9
Akių irigacija prieš atvykstant į SPS:		
Atlikta	48	90,6
Neatlikta	5	9,4
Pažeidimo tipas:		
Vienpusis	42	79,2
Abipusis	11	20,8
Cheminė medžiaga:		
Šarmai	31	58,5
Rūgštys	20	37,7
Nežinoma	2	3,8
Ūminis akių cheminių nudegimų gydymas:		
Geriamas doksiciklinas	10	18,9
Geriamas vitaminas C	20	37,7
Vietiniai gliukokortikoidai	52	98,1
Vietiniai antibiotikai	52	98,1
Terapinis kontaktinis lęšis	5	9,4
Pulsas, kartai per minutę	71,57±9,31	
Sistolinis AKS, mm Hg	134,98±11,19	
Diastolinis AKS, mm Hg	71,28±8,21	
APS, mm Hg	76,27±8,48	

AKS – arterinis kraujo spaudimas; APS – akies perfuzinis spaudimas; n – tiriamųjų skaičius; proc. – procentinė dalis; GKRA – geriausias koreguotas regos aštrumas; IOS – intraokulinis spaudimas; SN – standartinis nuokrypis; SPS – skubios pagalbos skyrius.

4.1.2. Akių cheminių nudegimų sunkumo pasiskirstymas pagal Dua klasifikaciją

Remiantis Dua klasifikacija, tiriamųjų grupėje vyraavo žemo laipsnio pažeidimai (9 pav.). Dažniausiai cheminiai akių nudegimai nustatyti 30–39 m. amžiaus grupėje ($n = 22$), čia dominavo II laipsnio pažeidimai ($n = 12$). Antroje pagal dažnį 20–29 m. amžiaus grupėje ($n = 13$) taip pat daugiausia nustatyta II laipsnio nudegimų ($n = 9$). Vyresnio amžiaus grupėse (50–59 m., 60–69 m. ir ≥ 70 m.) traumų dažnis mažėjo, tačiau šiose grupėse vyraavo aukštesnio laipsnio (III–V laipsnio) pažeidimai.



9 pav. Tiriamųjų pasiskirstymas pagal amžiaus kategorijas ir cheminės akių traumos sunkumo laipsnį

4.1.3. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių pokyčiai

Abiejų tyrime dalyvavusių grupių pasiskirstymas pagal lytį ir amžių statistiškai reikšmingai nesiskyrė (atitinkamai $p = 0,805$ ir $p = 0,062$). Vertinant TNSS, reikšmingas skirtumas nustatytas tik nazaliniame segmente – nudegimus patyrusių tiriamųjų grupėje šio sluoksnio storis buvo mažesnis ($77,59 \pm 10,97 \mu\text{m}$), palyginti su kontrolinės grupės vidurkiu ($82,08 \pm 11,02 \mu\text{m}$; $p = 0,014$). Vis dėlto, atlikus Bonferroni korekciją, skirtumas prarado statistinį reikšmingumą ($p = 0,056$). Kitų TNSS segmentų

(bendrojo, viršutinio, apatinio, temporalinio) bei GLS++ parametrų reikšmingų skirtumų tarp grupių nenustatyta ($p > 0,05$). Pastebėta mažesnių TNSS ir GLS++ rodiklių tendencija nudegimus patyrusių tiriamųjų grupėje, tačiau skirtumas nebuvo statistiškai reikšmingas (7 lentelė).

7 lentelė. OKT rodiklių palyginimas tarp kontrolinės ir nudegimus patyrusių tiriamųjų grupių (vidurkis $\pm$ SN; μm)

Charakteristikos	Kontrolinė grupė (n = 87, akys = 87)	Asmenų, patyrusių nudegimus grupė (n = 53, akys = 64)	P reikšmė
Lytis			
Vyras	41 (47,1 %)	23 (43,4 %)	$\chi^2 = 0,061$, $p = 0,805$
Moteris	46 (52,9 %)	30 (56,6 %)	
Amžius (metai)	45,49 $\pm$ 13,35 (21–87)	41,84 $\pm$ 14,65 (21–84)	$z = -1,867$, $p = 0,062$
TNSS storis – vidutinis (μm)	103,34 $\pm$ 7,81 (85–130)	102,20 $\pm$ 8,87 (78–123)	$t = -0,838$, $p = 0,404$
TNSS storis – viršutinis kvadrantas (μm)	125,47 $\pm$ 12,41 (96–153)	124,94 $\pm$ 14,21 (78–159)	$t = -0,245$, $p = 0,806$
TNSS storis – nazalinis kvadrantas (μm)	82,08 $\pm$ 11,02 (59–104)	77,59 $\pm$ 10,97 (57–107)	$t = -2,477$, $p = 0,014$ <i>*0,056</i>
TNSS storis – apatinis kvadrantas (μm)	134,59 $\pm$ 12,66 (104–173)	132,55 $\pm$ 14,34 (100–159)	$t = -0,925$, $p = 0,357$
TNSS storis – temporalinis kvadrantas (μm)	75,33 $\pm$ 12,37 (56–108)	72,33 $\pm$ 10,50 (52–97)	$t = -1,571$, $p = 0,118$
GLS++ storis – vidutinis (μm)	105,03 $\pm$ 6,34 (91–126)	104,06 $\pm$ 8,14 (87–122)	$t = -0,825$, $p = 0,411$
GLS++ storis – viršutinis kvadrantas (μm)	104,01 $\pm$ 6,47 (91–123)	102,94 $\pm$ 8,14 (84–118)	$t = -0,903$, $p = 0,368$
GLS++ storis – apatinis kvadrantas (μm)	105,89 $\pm$ 6,63 (92–129)	105,12 $\pm$ 8,58 (89–125)	$t = -0,614$, $p = 0,540$

TNSS – tinklainės nervinių skaidulų sluoksnis; GLS++ – ganglinių ląstelių sluoksnis; SN – standartinis nuokrypis; *p reikšmė, koreguota Bonferroni metodu.

Nudegimus patyrusiųjų tiriamųjų grupėje horizontalus ekskavacijos santykio medianos dydis siekė 0,56 (diapazonas – 0,00–0,80), o vertikalus dydis – 0,55 (diapazonas – 0,00–0,78). Statistiškai reikšmingo skirtumo nenustatyta ($z = -0,821$, $p = 0,412$).

4.1.4. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių pokyčių dinamika praėjus 3 ir 6 mėnesiams

Nudegimus patyrusiųjų grupės pacientams reikšminga TNSS ir GLS++ asimetrija tarp akių nustatyta 31,3 proc. atvejų. Po 6 mėn. pastebėtas TNSS sumažėjimas visuose kvadrantuose, ryškiausias – apatiniame ($-4,38 \mu\text{m}$), tačiau šis pokytis nebuvo statistiškai reikšmingas. GLS++ rodiklių kitimas buvo minimalus ir taip pat nesiekė statistinio reikšmingumo (8 lentelė).

8 lentelė. **OKT rodikliai po 3 ir 6 mėn. tiriamųjų, patyrusių nudegimus, grupėje (vidurkis $\pm$ SN, μm)**

OKT charakteristikos	3 mėn.	6 mėn.	P reikšmė
TNSS storis – vidutinis (μm)	98,11 $\pm$ 10,17	96,22 $\pm$ 8,33	t = 1,681, p = 0,131
TNSS storis – viršutinis kvadrantas (μm)	121,11 $\pm$ 13,89	119,89 $\pm$ 11,51	t = 0,753, p = 0,473
TNSS storis – nazalinis kvadrantas (μm)	76,33 $\pm$ 13,14	73,44 $\pm$ 9,54	t = 1,702, p = 0,127
TNSS storis – apatinis kvadrantas (μm)	126,78 $\pm$ 15,18	122,40 $\pm$ 14,99	t = 2,102, p = 0,069
TNSS storis – temporalinis kvadrantas (μm)	67,78 $\pm$ 8,91	68,67 $\pm$ 8,20	t = -1,018, p = 0,338
GLS++ storis – vidutinis (μm)	101,56 $\pm$ 5,56	101,44 $\pm$ 4,12	t = 0,286, p = 0,782
GLS++ storis – viršutinis kvadrantas (μm)	100,33 $\pm$ 4,89	99,78 $\pm$ 4,06	t = 0,743, p = 0,479
GLS++ storis – apatinis kvadrantas (μm)	102,78 $\pm$ 5,17	102,33 $\pm$ 4,21	t = 0,645, p = 0,537

TNSS – tinklainės nervinių skaidulų sluoksnis; GLS++ – ganglinių ląstelių sluoksnis; SN – standartinis nuokrypis.

4.1.5. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių plonėjimo rizikos veiksniai

Logistinė regresija parodė, kad aukštesnis Dua laipsnis buvo nepriklausomas TNSS plonėjimo prognostinis veiksnys (p = 0,037) (9 lentelė). GLS++ plonėjimo ryšio su tiriamais veiksniais nenustatyta, nors amžius turėjo mažiausią p reikšmę (p = 0,085) (10 lentelė).

9 lentelė. Logistinės regresijos analizė: rizikos veiksniai, susiję su TNSS plonėjimu

Charakteristikos	Galimybių santykis (OR)	95 proc. PI	P reikšmė
Demografinės ir klinikinės charakteristikos			
Lytis			0,285
Amžius			0,595
Akių irigacija prieš atvykstant į SPS (atlikta / neatlikta)			0,786
Cheminė medžiaga (rūgštis / šarmas)			0,813
Dua laipsnis (I–VI)	4,816	1,103–21,030	0,037

TNSS – tinklainės nervinių skaidulų sluoksnis; PI – pasikliautinis intervalas; SPS – skubios pagalbos skyrius.

10 lentelė. Logistinės regresijos analizė: rizikos veiksniai, susiję su GLS plonėjimu

Charakteristikos	Galimybių santykis (OR)	95 proc. PI	P reikšmė
Demografinės ir klinikinės charakteristikos			
Lytis			0,488
Amžius			0,085
Akių irigacija prieš atvykstant į SPS (atlikta / neatlikta)			0,581
Cheminė medžiaga (rūgštis / šarmas)			0,186
Dua laipsnis (I–VI)			0,280

GLS – ganglinių ląstelių sluoksnis; PI – pasikliautinis intervalas; SPS – skubios pagalbos skyrius.

4.1.6. Tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio pokyčių sąsajos su nudegimo sunkumu pagal Dua klasifikaciją

Nustatyta, kad nudegimo laipsnis turėjo reikšmingą įtaką TNSS plonėjimui (logistinės regresijos analizė (9 lentelė)). Pacientams, patyrusiems didelio laipsnio nudegimus (Dua ≥ 3), TNSS buvo reikšmingai mažesnis visuose kvadrantuose, ryškiausiai – nazaliniame ($-6,35 \mu\text{m}$; $p = 0,035$) (11 lentelė).

11 lentelė. OKT rodiklių palyginimas tarp kontrolinės grupės asmenų ir pacientų, patyrusių $\geq$ III laipsnio nudegimus

OKT charakteristikos	Kontrolinė grupė (n = 87)	Asmenų, patyrusių nudegimus, grupė (Dua $\geq$ III, n = 30)	P reikšmė
TNSS storis – vidutinis (μ m)	103,34 $\pm$ 7,81 (85–130)	100,17 $\pm$ 9,57 (78–121)	t = –1,811, p = 0,073
TNSS storis – viršutinis kvadrantas (μ m)	125,47 $\pm$ 12,41 (96–153)	120,20 $\pm$ 16,49 (78–159)	t = –1,836, p = 0,069
TNSS storis – nazalinis kvadrantas (μ m)	82,08 $\pm$ 11,02 (59–104)	75,73 $\pm$ 10,88 (57–107)	t = –2,729, p = 0,007, *0,035
TNSS storis – apatinis kvadrantas (μ m)	134,59 $\pm$ 12,66 (104–173)	129,53 $\pm$ 15,54 (100–156)	t = –1,775, p = 0,078
TNSS storis – temporalinis kvadrantas (μ m)	75,33 $\pm$ 12,37 (56–108)	72,20 $\pm$ 10,47 (52–95)	t = –1,241, p = 0,217

TNSS – tinklainės nervinių skaidulų sluoksnis; SN – standartinis nuokrypis;

*p reikšmė, koreguota Bonferroni metodu.

4.2. Visuomenės apklausa

4.2.1. Respondentų demografinės charakteristikos

Į tyrimą įtraukti 385 respondentai, kurių amžius svyravo nuo 18 iki 87 metų (vidurkis – 39,86 $\pm$ 14,59 m.). Daugumą sudarė moterys (65,2 %). Beveik pusė dalyvių turėjo aukštąjį universitetinį išsilavinimą (48,3 %). Net 38,4 proc. tiriamųjų nurodė patyrę cheminę akių traumą patys, dar 24,2 proc. pažinojo tokių įvykių patyrusių asmenų (12 lentelė).

12 lentelė. Respondentų demografinės charakteristikos

Respondentų charakteristikos	n	proc.
Amžius (metai)	39,86 $\pm$ 14,59	
Moterys	–	39,62 $\pm$ 14,72
Vyrai	–	40,31 $\pm$ 14,38
Lytis		
Moterys	251	65,2
Vyrai	134	34,8

Išsilavinimas		
Vidurinis	69	17,9
Profesinis	55	14,3
Aukštasis neuniversitetinis	75	19,5
Aukštasis universitetinis	186	48,3
Socialinė padėtis		
Dirbantysis	301	78,2
Bedarbis	6	1,6
Studentas	67	17,4
Senjoras	11	2,9
Cheminės akių traumos patirtis		
Patirta asmeniškai	148	38,4
Patirta artimo asmens	93	24,2
Nepatirta	144	37,4
Patirtis gydant cheminę akių traumą		
Turi patirties	140	36,4
Neturi patirties	245	63,6

n – tiriamųjų skaičius; proc. – tiriamųjų procentinė dalis; amžiaus duomenys pateikiami kaip vidurkis±standartinis nuokrypis.

4.2.2. Žinios apie cheminius akių nudegimus ir pirmąją pagalbą

Beveik pusė respondentų nurodė, kad šarminiai nudegimai yra pavojingesni negu rūgštiniai, 28,8 proc. apklaustųjų šiuo klausimu neturėjo žinių. Respondentų nuomone, dažniausios medžiagos, sukeliančios akių cheminius nudegimus namų aplinkoje, yra šarmai (32,7 %) ir rūgštys (22,9 %). 23,6 proc. apklaustųjų abu variantus vertino kaip vienodai tikėtinus, 20,8 proc. nurodė nežinantys. Dauguma respondentų (86,8 %) teisingai pasirinko gausų akių plovimą vandeniu kaip pirmąją pagalbos priemonę patyrus cheminį nudegimą. Vertinant gydytojų veiksmus, pacientui atvykus į gydymo įstaigą patyrus cheminę traumą, dažniausiai pasirinktas atsakymas – skubi gydymo pradžia (35,3 %), antras pagal dažnumą atsakymas – anamnezės rinkimas (24,2 %). Į klausimą, ar pirmoji pagalba priklauso nuo traumuojančios medžiagos pobūdžio, beveik pusė respondentų (47,3 %) atsakė teigiamai. Vertinant tinkamiausio skysčio pasirinkimą cheminės akių traumos atveju gydymo įstaigoje, daugiausia respondentų (43,1 %) nurodė 0,9 proc. natrio chlorido tirpalą, 22,6 proc. – bet kokią nepavojingą skystį (13 lentelė).

13 lentelė. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal apklausos klausimus

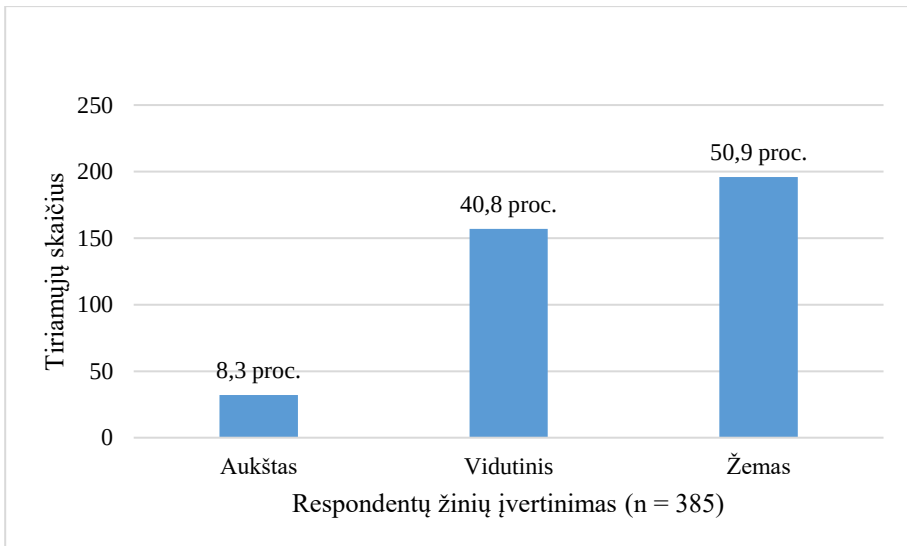
Klausimas	Atsakymas	n	proc.
Nuomonė apie šarminių ir rūgštinių nudegimų pavojingumą	Šarminiai pavojingesni	188	48,8
	Rūgštiniai pavojingesni	86	22,3
	Nuomonės neturi / nežino	111	28,8
Dažniausios cheminių nudegimų priežastys buityje	Rūgštys	88	22,9
	Šarmai	126	32,7
	Rūgštys ir šarmai vienodai dažni	91	23,6
	Nuomonės neturi / nežino	80	20,8
Pirmasis veiksmas po cheminio akių nudegimo	Gausus akių plovimas vandeniui	334	86,8
	Plauti nedideliu kiekiu vandens	3	0,8
	Kreiptis į skubios pagalbos skyrių	47	12,2
	Lašinti dirbtines ašaras	1	0,3
Pradiniai medikų veiksmai pacientui atvykus į gydymo įstaigą	Anamnezės rinkimas	93	24,2
	Traumos įvertinimas	52	13,5
	Pirminis akių ištyrimas	58	15,1
	Skubi gydymo pradžia	136	35,3
	Nuomonės neturi / nežino	46	11,9
Pirmosios pagalbos priklausomumas nuo cheminės medžiagos pobūdžio	Priklauso	182	47,3
	Nepriklauso	138	35,8
	Nuomonės neturi / nežino	65	16,9
Irigacijos priemonės gydymo įstaigoje	0,9 % NaCl tirpalas	166	43,1
	Vandentiekio vanduo	116	30,1
	Bet koks nepavojingas skystis	87	22,6
	Kitas	16	4,2

n – tiriamųjų skaičius; proc. – tiriamųjų procentinė dalis.

Tiriamųjų buvo paprašyta nurodyti ankstyviausią cheminės akių traumos požymį. Daugiau negu pusė respondentų (52,7 %) kaip pirmą simptomą nurodė akių deginimo jausmą. Kiek mažiau negu ketvirtadalis (23,1 %) pažymėjo skausmą, o penktadalis (21,0 %) – akies paraudimą. Tik nedidelė dalis apklaustųjų (3,1 %) teigė nežinantys, koks simptomas pasireiškia pirmiausia.

4.2.3. Žinių lygio vertinimas, sąsajos su demografiniais veiksniais ir asmenine patirtimi

Respondentų žinių lygis buvo vertinamas pagal modifikuotus Bloomo ribinius kriterijus (aukštas, vidutinis ir žemas). Rezultatai parodė, kad daugiau negu pusei dalyvių (50,9 %) būdingas žemas, 40,8 proc. – vidutinis ir tik 8,3 proc. – aukštas žinių lygis (10 pav.).



n – tiriamųjų skaičius; proc. – tiriamųjų procentinė dalis.

10 pav. Respondentų žinių apie chemines akių traumas įvertinimas

14 lentelėje pateikti respondentų žinių apie chemines akių traumas rezultatai, atsižvelgiant į demografinius duomenis ir asmeninę patirtį. Analizuojant pagal lytį, reikšmingų skirtumų nenustatyta – tiek moterų, tiek vyrų dauguma pasižymėjo vidutiniu arba žemu žinių lygiu ($p = 0,933$). Vertinant išsilavinimo įtaką, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas: aukštąjį universitetinį išsilavinimą turintys respondentai dažniau pasižymėjo aukštu žinių lygiu (11,3 %), nors dauguma jų taip pat pateko į žemo žinių lygio grupę (55,9 %) ($p = 0,004$). Asmeninė cheminės akių traumos patirtis, patirtis gydant tokias traumas ir profesija (medikai ir kitų sričių atstovai) neturėjo reikšmingos įtakos žinių lygiui (atitinkamai $p = 0,581$; $p = 0,112$; $p = 0,810$).

14 lentelė. Respondentų žinių apie chemines akių traumas atspindys pagal jų demografinius duomenis ir asmeninę patirtį.

		Respondentų žinių lygis proc. (n)		
		Aukštas	Vidutinis	Žemas
Lytis	Moteris	8,0 (20)	40,6 (102)	51,4 (129)
	Vyras	9,0 (12)	41,0 (55)	40,0 (67)
$X^2 = 0,139$, $p = 0,933$				
Išsilavinimas	Aukštasis universitetinis	11,3 (21)	32,8 (61)	55,9 (104)
	Kita	5,5 (11)	48,2 (96)	46,2 (92)
$X^2 = 11,236$, $p = 0,004$				
Cheminių akių traumos patirtis	Turi patirties	8,3 (20)	42,7 (103)	49,0 (118)
	Neturi patirties	8,3 (12)	37,5 (54)	54,2 (78)
$X^2 = 1,086$, $p = 0,581$				
Patirtis gydant cheminę akių traumą	Turi patirties	12,1 (17)	37,9 (53)	50,0 (70)
	Neturi patirties	6,1 (15)	42,4 (104)	51,4 (126)
$X^2 = 4,381$, $p = 0,112$				
Profesija	Medikai	7,9 (5)	44,4 (28)	47,6 (30)
	Kitos	8,4 (27)	40,1 (129)	51,6 (166)
$X^2 = 0,421$, $p = 0,810$				

n – tiriamųjų skaičius; proc. – tiriamųjų procentinė dalis.

5. REZULTATŲ APITARIMAS

5.1. Klinikinio tyrimo rezultatų aptarimas

Tyrimo rezultatai suteikia naujų įžvalgų apie akių cheminių traumų klinikinius ypatumus ir galimus ryšius su užpakalinio segmento struktūriniais pokyčiais. Gauti duomenys patvirtina ankstyvo gydymo svarbą ir imunomoduliacinės terapijos potencialą kaip esamų gydymo strategijų papildymą. Atsižvelgiant į tyrimo ribotumus, būtini didesnės apimties ir ilgesnės trukmės tyrimai, siekiant patikimiau įvertinti tinklainės pokyčių dinamiką.

5.1.1. Klinikinė ir epidemiologinė charakteristika

Atlikus tyrimą, nustatyta, kad buitinės kilmės nelaimingi atsitikimai sudarė daugumą akių cheminių traumų. Dažniausia priežastis – šarminės medžiagos (58,5 %). Tai patvirtina ir kiti epidemiologiniai tyrimai (šarminiai nudegimai sudaro iki 68 proc. visų cheminių akių pažeidimų) [35, 130, 131]. Minėtina, kad, skirtingai negu daugumoje publikacijų, kurių tiriamosiose imtyse vyrauja jauni vyrai, atliekant disertacijoje pristatomą tyrimą daugiau tirta moterų (56,6 %). Galima manyti, kad moteriškoji lytis dominavo todėl, kad dauguma incidentų įvyko namuose, o ne darbo vietoje, kaip dažniausiai nurodoma kituose tyrimuose, kuriuose dominuoja vyrai [130, 131]. Tai gali atspindėti šalyje vyraujančius buitines darbo ypatumus ir didesnę moterų įsitraukimą į kasdienes veiklas, susijusias su cheminių valiklių naudojimu. Be to, pastebėta, kad moterys labiau rūpinasi savo sveikata ir dažniau kreipiasi į gydymo įstaigas net ir patyrusios nedidelę traumą, todėl jos dažniau patenka į tyrimus. Panašias tendencijas nurodo ir kiti tyrėjai, pabrėždami, kad moterys dažniau negu vyrai linkusios laiku ieškoti medicininės pagalbos ir aktyviau dalyvauti prevencinėse programose [132, 133]. Tyrime dalyvavusių respondentų vidutinis amžius (41,84 m.) buvo panašus į nurodomą mokslinėje literatūroje [35, 134]. Hospitalizacijos dažnis (18,9 %) ir vidutinė gydymo trukmė ($5,10 \pm 2,38$ d.) taip pat atitiko mokslinės literatūros duomenis (nurodoma, kad dauguma pacientų, patyrusių lengvų ar vidutinio sunkumo nudegimų, gydomi ambulatoriškai, o hospitalizacijos prireikia sunkesnių pažeidimų atvejais) [35, 135]. Disertacijoje pristatomu tyrimu nustatyta, kad daugumai pacientų atlikta akių irigacija dar prieš atvykstant į ligoninę. Skubi akių irigacija būtina siekiant nutraukti cheminės medžiagos poveikį ir sumažinti priekinio segmento pažeidimus, tačiau eksperimentai su gyvūnais parodė, kad ši procedūra neturi įtakos užpakalinio segmento struktūrų

pažeidimo mastui [6]. Logistinės regresijos analizė patvirtino, kad irigacija neturėjo reikšmingos įtakos TNSS ar GLS++ plonėjimui.

Atliekant disertacijoje pristatomą tyrimą nustatyta, kad vidutinis pacientų atvykimo į gydymo įstaigą laikas – 5,74 val. Tai rodo polinkį delsti kreiptis pagalbos, nors pirminis gydymas itin svarbus. Panašias tendencijas atskleidė ir kitas Lietuvoje atliktas tyrimas, kuriame tik 31,22 proc. pacientų, patyrusių nudegimą, į gydymo įstaigą pateko per pirmąsias 3 val. [21]. Tarptautinių duomenų analizė taip pat patvirtina minėtą tendenciją – nustatyta, kad sunkių cheminių traumų patyrusių pacientų grupėje net 50 proc. asmenų į skubios pagalbos skyrių pirmą kartą atvyko praėjus 24 ar daugiau valandų po traumos [136].

Disertacijoje pristatomo tyrimo duomenimis, akies perfuzinio spaudimo (APS) reikšmės nudegimų patyrusių tiriamųjų grupėje išliko fiziologinėse ribose, statistiškai reikšmingų skirtumų nenustatyta. Mokslinėje literatūroje nepavyko rasti duomenų apie tiesioginę APS ir akių cheminių nudegimų sąsają, tačiau APS vertinimas, atliekant disertacijoje pristatomą tyrimą, pasirinktas kaip papildomas hemodinaminis rodiklis, leidžiantis atmesti galimus kraujotakinius veiksnius, galinčius turėti įtakos tinklainės struktūriniais pokyčiais. Nustatytas vidutinis APS – $76,27 \pm 8,48$ mm Hg. Ankstesnių tyrimų duomenimis, palaikoma optimali tinklainės ir regos nervo kraujotaka, kai vidutinis APS svyruoja nuo maždaug 50 mm Hg iki 80 mm Hg. Tiek pernelyg žemas, tiek per aukštas APS gali būti susijęs su regos nervo pažeidimu ir glaukomos progresavimu [137–139]. Gauti rezultatai rodo, kad tiriamųjų, patyrusių cheminį nudegimą, grupėje akies kraujotaka buvo pakankama, o perfuzijos sutrikimų rizika maža.

5.1.2. Akių cheminių nudegimų sunkumo pasiskirstymas pagal Dua klasifikaciją

Disertacijoje pristatomo tyrimo duomenimis, remiantis Dua klasifikacija galima teigti, kad dauguma tiriamųjų patyrė žemesnio laipsnio nudegimus. Sunkesni (III–V laipsnio) pažeidimai buvo retesni, jie dažniau nustatyti vyresnio amžiaus pacientams. Ši tendencija atitinka tarptautinės mokslinės literatūros duomenis – nurodoma, kad didžioji dalis akių cheminių pažeidimų yra lengvi, dažniausiai tai I–II laipsnio nudegimai, o sunkesnės formos sudaro tik nedidelę visų atvejų dalį [35, 140].

5.1.3. Tinklainės nervinių skaidulų ir ganglinių ląstelių sluoksnių rodiklių pokyčiai

Atliekant disertacijoje pristatomą tyrimą, pastebėta mažesnių TNSS ir GLS++ reikšmių tendencija nudegimus patyrusių tiriamųjų grupėje, nors statistškai reikšmingų skirtumų tarp kontrolinės ir atvejo grupių nenustatyta. Mokslinės literatūros duomenimis, eksperimentiniuose tyrimuose su triušiais, jiems patyrus akių cheminį nudegimą, GLS ląstelių skaičius sumažėjo iki 40 proc., o regos nervo aksonų – iki 30 proc., palyginti su sveika akimi [8]. Remiantis OKT tyrimo duomenimis, maždaug trečdaliui nudegimus patyrusiųjų grupės tiriamųjų nustatyta reikšminga asimetrija tarp akių. Praėjus 6 mėn. nuo patirtos traumos, asmenų, patyrusių nudegimus, grupėje TNSS ir GLS++ storio sumažėjimas buvo didesnis, negu tikėtinas pagal amžiaus fiziologinę normą [141–143]. Pavyzdžiui, sveikiems suaugusiesiems TNSS plonėja apie $-0,54\ \mu\text{m}$ per metus [141], o GLS – apie $-0,31\ \mu\text{m}$ per metus [142]. Kitu tyrimu [143] nustatyti lyčių skirtumai: $-0,31\ \mu\text{m}$ per metus vyrams ir $-0,24\ \mu\text{m}$ per metus moterims. Disertacijoje pristatomo tyrimo duomenimis, per 3 mėn. bendrasis TNSS sumažėjo $1,89\ \mu\text{m}$, o GCL++ sumažėjo $0,12\ \mu\text{m}$.

Mokslinėje literatūroje aprašoma, kad šarmai ir rūgštys pasižymi skirtinga patofiziologija: šarmai dėl hidroksilo jonų poveikio sukelia riebalų rūgščių saponifikaciją ir gilesnį įsiskverbimą į audinius, o rūgštys lemia baltymų denatūraciją ir koaguliaciją, ribojančią jų skvarbą [32]. Vis dėlto atlikta pogrupinė analizė neparodė statistškai reikšmingų TNSS ar GLS++ skirtumų tarp šarminių ir rūgštinių nudegimų.

Nudegimus patyrusių tiriamųjų grupėje nustatyta, kad horizontalus ekskavacijos santykis buvo $0,56$ ($0,00$ – $0,80$), o vertikalus – $0,55$ ($0,00$ – $0,78$). Statistiškai reikšmingo skirtumo tarp šių rodiklių nenustatyta ($z = -0,821$; $p = 0,412$). Glaukomai įprastai būdingas didesnis vertikalus ekskavacijos santykis, todėl atliktos analizės rezultatai rodo, kad šiame pacientų pogrupyje nustatyti pokyčiai nėra glaukominės kilmės [144, 145].

5.1.4. Rizikos veiksniai

Aukštesnis Dua klasifikacijos laipsnis buvo reikšmingas TNSS plonėjimo prognostinis veiksnys ($\text{OR} = 4,816$; $p = 0,037$), galima manyti, dėl intensyvesnio priekinio segmento uždegimo. Lytis, amžius, cheminės medžiagos tipas ir atlikta akių irigacija reikšmingos įtakos neturėjo. Tai pabrėžia Dua klasifikacijos klinikinę vertę prognozuojant ilgalaikius struktūrinius pokyčius. GLS plonėjimo ryšio su jokia tirtu veiksnium

nenustatyta, nors amžius buvo artimiausias statistiniam reikšmingumui ($p = 0,085$), o tai galėtų rodyti galimą amžiaus įtaką ganglinių ląstelių pokyčiams ilgalaikėje perspektyvoje.

Šiuolaikinėje praktikoje gali būti taikomi ir skaitmeniniai klasifikavimo įrankiai (pavyzdžiui, *E-Pix Grade Generator*), kurie supaprastina nudegimo vertinimo procesą, didina objektyvumą ir yra ypač naudingi didesnėse imtyse ar daugiacentriuose tyrimuose. Pagrindinis šio įrankio privalumas – standartizuota klasifikacija ir tarptautinis pritaikomumas, leidžiantis sumažinti subjektyvumo įtaką vertinant ūminius cheminių nudegimų pažeidimus. Vis dėlto *E-Pix sistema* orientuota tik į priekinio akies segmento įvertinimą, todėl neužtikrina informacijos apie užpakalinio segmento pažeidimus [28].

5.1.5. Klinikinė reikšmė

Disertacijoje pristatomo tyrimo duomenimis, laikas nuo traumos iki atvykimo į ligoninę svyravo nuo 15 min. iki 48 val. Tyrimų su gyvūnais rezultatai rodo, kad uždegiminiai procesai, sukeliantys negrįžtamą akies struktūrų pažeidimą, prasideda iš karto patyrus nudegimą. Jau po 6 val. tinklainėje nustatomas padidėjęs uždegiminių mediatorių lygis, o po 24 val. pastebima GL apoptozė [6]. Įrodyta, kad skubus gydymas TNF- α inhibitoriais po nudegimo apsaugo tiek rageną, tiek tinklainę. Daugelyje eksperimentų imunomoduliacinė terapija taikoma praėjus 15 min. po nudegimo [6, 7]. Gauti rezultatai rodo, kad laiku pradėtas gydymas gali sumažinti negrįžtamą regos nervo aksonų ir ganglinių ląstelių žūtį, o tai svarbiau negu išsaugoti priekinio segmento skaidrumą, nes šis gali būti atkurtas chirurginiu būdu [13]. Disertacijoje pristatomo tyrimo metu dažniausiai taikytas gydymas vietškai gliukokortikoidais ir antibiotikais. Dohlmanas ir kt. [5] teigia, kad gliukokortikoidai kartu su kitais imunomodulatoriais, jei skiriami laiku, gali reikšmingai apsaugoti ganglines ląsteles. Imunomoduliacinė terapija yra vienas iš svarbiausių gydymo strategijos elementų. TNF- α blokada vertinama kaip perspektyvus esamų gydymo metodų papildymas [5, 6].

5.1.6. Tyrimo stiprybės, ribotumai ir ateities kryptys

Kiek žinoma, tai pirmasis perspektyvusis *in vivo* tyrimas su žmonėmis, aprašantis užpakalinio akies segmento struktūrinius pokyčius po cheminių nudegimų. Anksčiau tokie pokyčiai buvo dokumentuoti tik pavieniuose klinikinių atvejų aprašymuose [68–70]. Šio tyrimo rezultatus reikėtų vertinti

atsižvelgiant į tam tikrus apribojimus. Pirma, nedidelė imtis galėjo sumažinti galimybes aptikti statistiškai reikšmingus pokyčius. Antra, trumpo stebėjimo laikotarpio nepakanka, kad būtų galima įvertinti ilgalaikę tinklainės plonėjimo dinamiką. Stebėjimas po 6 mėn. vykdytas tik pacientams, kuriems pradiniam tyrimo nustatyta rodiklių asimetrija tarp akių, todėl negalima atmesti atrankos šališkumo. Tyrimo metu taip pat nebuvo atlikta akies ašies ilgio matavimų, todėl negalima įvertinti galimų optinių matavimo klaidų. Beveik visi pacientai (98,1 %) gydyti gliukokortikoidais, kurių poveikis tinklainei nėra gerai ištirtas. OKT tyrimai nebuvo atlikti esant ūminei fazei (pirmosiomis valandomis po traumos), todėl nepavyko užfiksuoti ankstyvųjų pokyčių (minėtina, kad tyrimus riboja ragenos drumstumas patyrus cheminį nudegimą). Ateities tyrimams reikalingos didesnės imtys ir ilgesnis pacientų stebėjimas.

5.2. Visuomenės apklausos rezultatų aptarimas

Šio tyrimo rezultatai atskleidė reikšmingus Lietuvos gyventojų žinių apie chemines akių traumas trūkumus ir suteikė galimybę palyginti padėtį mūsų šalyje su kitų šalių duomenimis. Aptariant rezultatus, siekiama ne tik paaiškinti nustatytus dėsningumus, bet ir išryškinti jų klinikinę bei visuomeninę reikšmę, palyginti gautus duomenis su tarptautiniais tyrimais, įvertinti galimus tyrimo ribotumus ir pateikti praktinių rekomendacijų.

5.2.1. Demografinės charakteristikos ir jų sąsajos su žinių lygiu

Regėjimo praradimas dėl cheminės traumos gali reikšmingai paveikti asmens gyvenimo kokybę [146]. Disertacijoje pristatomame tyrimo dalyvavo 385 respondentai, kurių amžius svyravo nuo 18 iki 87 metų (vidurkis – beveik 40 m.). Daugumą tiriamųjų sudarė moterys (65,2 %), beveik pusė jų įgijusios aukštąjį universitetinį išsilavinimą (48,3 %). Minėtina, kad išsilavinimo lygmuo turėjo statistiškai reikšmingą įtaką žinių rezultatams – aukštąjį universitetinį išsilavinimą turintys asmenys dažniau patekdavo į aukšto žinių lygio grupę (11,3 %), palyginti su kitomis grupėmis ($p = 0,004$). Vis dėlto net šioje grupėje daugiau negu pusė respondentų demonstravo žemą žinių lygį (55,9 %). Tai rodo, kad formalusis išsilavinimas neužtikrina tinkamo pasirengimo suteikti pirmąją pagalbą cheminės akių traumos atveju. Panašūs rezultatai nustatyti ir Saudo Arabijoje atliktuose tyrimuose. Seraj ir bendraautorai [89] 2020 m. atliko 888 gyventojų apklausą, kuri parodė, kad didžioji dalis respondentų neturi pakankamai žinių. 2021 m. atlikus Aseer

regiono tyrimą [147], kuriame dalyvavo 1 213 respondentų, taip pat nustatyta, kad žinių lygis apie akių traumas, ypač chemines, buvo ribotas. Tai atitinka disertacijoje pristatomo tyrimo tendencijas, kad net aukštąjį universitetinį išsilavinimą turintys respondentai dažnai negeba tinkamai įvertinti situacijos. Tikėtina, kad pasaulinis akių cheminių nudegimų paplitimas nuvertinamas, nes ne visi asmenys, patyrę ūmią traumą, kreipiasi į gydymo įstaigas (ypač turintieji ribotą sveikatos priežiūros prieigą). Tokiais atvejais pagalbos dažnai ieškoma bendruomenės šaltiniuose: pas šeimos narius, vietos vaistinėse ar net kreipiamasi į cheminės produkcijos tiekėjus [17].

5.2.2. Žinių lygio vertinimas

Disertacijoje pristatomo tyrimo duomenimis, respondentų žinios apie chemines akių traumas buvo ribotos. Tyrimo rezultatai parodė, kad daugiau negu pusė (50,9 %) respondentų pasižymėjo žemu, 40,8 proc. – vidutiniu ir tik 8,3 proc. – aukštu žinių lygiu. Tai rodo, kad visuomenės žinių apie chemines akių traumas lygis Lietuvoje yra nepakankamas. Ši tendencija nėra išskirtinė – panaši padėtis ir kituose regionuose. Pavyzdžiui, 2024 m. Idrees ir kt. [121], atlikę tyrimą, nustatė, kad medicinos studentų žinių lygis menkas – 73 proc. būsimų gydytojų turėjo nepakankamai žinių apie akių traumas. Tai pagrindžia būtinybę net ir medikų bendruomenėje stiprinti žinių apie akių traumas bazę. Minėtini ir kitokie rezultatai – kitu Saudo Arabijoje atliktu tyrimu [120] nustatyta, kad 56,6 proc. tiriamųjų turėjo pakankamai žinių apie cheminius akių nudegimus ir pirmosios pagalbos priemones. Šiuos skirtingus rezultatus galėjo lemti tai, kad pastarajame tyrime 73,6 proc. respondentų buvo įgiję aukštąjį išsilavinimą. 2011 m. JAV atlikus „Farmworkers“ tyrimą [122] įrodyta, kad darbininkai, nuolat dirbantys rizikingoje aplinkoje, retai naudoja akių apsaugą (tik 8,3 proc.), o didžioji dalis neturi pakankamų žinių apie rizikos veiksnius. Tai reiškia, kad žinių trūkumas yra ne tik akademinė, bet ir praktinė problema.

5.2.3. Pirmosios pagalbos pasirinkimas

Cheminės traumos atveju pirmoji reakcija turi būti skubi irigacija, siekiant užkirsti kelią negrįžtamiems pažeidimams. Gydymo pradžia nepriklauso nuo traumos sukėlusio agento. Tiek eksperimentiniai, tiek klinikiniai tyrimai rodo, kad ankstyva intervencija reikšmingai veikia epitelio regeneraciją bei ragenos drumstumo regresiją [88]. Disertacijoje pristatomo tyrimo duomenimis, 86,8 proc. respondentų nurodė, kad pagrindinė korekcinė priemonė turėtų būti

akių plovimas vandeniu. Analogiški duomenys gauti ir atlikus tyrimą [89] Saudo Arabijoje: 78,5 proc. respondentų teigė, kad pirmasis veiksmas turėtų būti akių irigacija. Vis dėlto 8,4 proc. to paties tyrimo respondentų nurodė, kad rūgštinių akių nudegimų atveju akis reikia plauti šarminiu tirpalu, o panaši dalis manė, kad šarminių nudegimų atveju reikia naudoti rūgštinį tirpalą (tai itin pavojinga). Atliekant disertacijoje pristatomą tyrimą, dauguma tiriamųjų teisingai nurodė, kad pirmasis veiksmas cheminės akių traumos atveju yra gausi irigacija, tačiau dalis respondentų pasirinko netinkamus veiksmus, pavyzdžiui, kreipimąsi į skubios pagalbos skyrių (12,2 %). Tokios klaidos pavojingos, nes delsimas ar netinkamas pirmosios pagalbos suteikimas gali lemti negrįžtamus regos pažeidimus [148]. 47,3 proc. dalyvių klydo dėl tinkamų pirmosios pagalbos priemonių, manydami, kad jos skiriasi priklausomai nuo traumą sukėlusios medžiagos tipo. Apie trečdalis dalyvių nurodė, kad gydymą skubios pagalbos skyriuje reikia pradėti nedelsiant, tačiau šiek tiek mažiau respondentų klaidingai teigė, kad prieš pradedant gydymą būtina surinkti išsamią anamnezę. Tarptautiniai tyrimai patvirtina gautus rezultatus. Seraj ir kt. [89] 2020 m. atlikę tyrimą nustatė, kad 18,5 proc. Saudo Arabijos gyventojų pirmiausia rinktųsi kreiptis į skubios pagalbos skyrių, o ne irigaciją. Idrees ir bendraautorai [121], 2024 m. organizavę medicinos studentų apklausą, teigia, kad daugelis studentų nežino tinkamų veiksmų cheminės traumos atveju. Tinkamas šarminių ir rūgštinių nudegimų gydymas, kurio tikslas – atkurti epitelio vientisumą, sumažinti uždegimą ir išvengti komplikacijų, turi būti pradedamas įvykio vietoje plaunant akis dideliu kiekiu skysčio, pageidautina – steriliu tirpalu. Nereikėtų atidėti procedūros laukiant tinkamiausios priemonės. Daugumoje išsivysčiusių šalių dėl savo prieinamumo ir paplitimo tinka vandentiekio vanduo [14, 50].

5.2.4. Nuomonės apie šarminių ir rūgštinių nudegimų pavojingumą

Traumos sunkumą lemia keli veiksniai: cheminės medžiagos rūšis, kiekis, pH ir poveikio trukmė. Šarminiai tirpalai į audinius skverbiasi greičiau negu rūgštiniai, todėl sukelia didesnę žalą intraokulinėms struktūroms. Dauguma disertacijoje pristatomo tyrimo dalyvių manė, kad šarminiai nudegimai yra pavojingesni ir buityje dažnesni. Panašūs rezultatai gauti ir atlikus tyrimą Indijoje [123]. Tai atitinka klinikines žinias, kad šarminiai pažeidimai yra gilesni ir sukelia sunkesnių pasekmių [148]. Vis dėlto disertacijoje pristatomo tyrimo rezultatai parodė, kad ketvirtadalis (22,3 %) respondentų manė, jog pavojingesni rūgštiniai nudegimai, o 28,8 proc. nežinojo, ką atsakyti. Šis žinių

trūkumas kelia susirūpinimą, nes netinkamai įvertinus grėsmę gali būti netinkamai suteikta pirmoji pagalba.

5.2.5. Klinikinė ir visuomeninė reikšmė

Efektyvios prevencijos strategijos įgyvendinimas būtinas siekiant sumažinti akių traumų riziką. Jungtiniuose Arabų Emyratuose atliktas tyrimas parodė, kad 85 proc. mažų įmonių pramonės darbuotojų dalyvavo veikloje, keliančioje akių traumų riziką, ir buvo informuoti apie pavojus, tačiau nė vienas iš jų reguliariai nenaudojo apsauginių akinių [149]. Kanadoje atlikto tyrimo duomenimis, apie 70 proc. asmenų, patyrusių profesines akių traumas, nenaudojo akių apsaugos [150]. Tinkami apsauginiai akiniai, veido skydeliai ar šalmai gali užkirsti kelią maždaug 90 proc. akių traumų [151, 152]. Darbdaviai turėtų užtikrinti saugos taisyklių laikymąsi, aprūpinti darbuotojus tinkamomis apsaugos priemonėmis ir organizuoti mokymus apie akių saugos protokolus, ypač aukštos rizikos sektoriuose, tokiuose kaip statybos ar gamyba [153–155].

5.2.6. Visuomenės apklausos tyrimo ribotumai

Pagrindinis šio tyrimo apribojimas – geografinis. Tirta tik Lietuvos populiacija, todėl rezultatų pritaikomumas platesniame kontekste gali būti ribotas. Be to, imtyje dominavo moterys, nors mokslinės literatūros duomenys rodo, kad dauguma akių cheminius nudegimus patyrusių asmenų yra vyrai. Ateities tyrimai turėtų apimti skirtingas visuomenės grupes (medikus, studentus, pramonės darbuotojus, ūkininkus), kad būtų galima tiksliau įvertinti jų žinių lygį ir elgsenos ypatumus.

5.2.7. Visuomenės apklausos tyrimo rezultatų apibendrinimas, rekomendacijos ateities tyrimams

Cheminė akių trauma, sukelianti regos sutrikimą, yra rimta būklė, galinti reikšmingai pabloginti asmens gyvenimo kokybę, dažnai sąlygodama darbo netekimą ir didesnę priklausomybę nuo kitų [156, 157]. Disertacijoje pristatomu tyrimu nustatyta, kad visuomenės informuotumas apie chemines akių traumas ir neatidėliotiną būtinąsios pagalbos suteikimą yra nepakankamas. Tyrimas atskleidė kritinę Lietuvos visuomenės žinių apie chemines akių traumas būklę. Nustatyta, kad dauguma respondentų neturi pakankamai žinių, net aukštąjį išsilavinimą turintys asmenys dažnai pateikia klaidingus atsakymus. Rezultatai sutampa su tarptautinių tyrimų (Saudo

Arabijos, JAV, kitų regionų) duomenimis, rodančiais panašų žinių trūkumą. Tai pabrėžia būtinybę vykdyti intensyvesnę edukaciją, stiprinti pirmosios pagalbos įgūdžius ir imtis prevencinių priemonių, siekiant sumažinti akių cheminių traumų sukeltą visuomenės sveikatos naštą.

IŠVADOS

1. Akių cheminių traumų daugiausia įvyksta buityje, ypač pavasarį ir rudenį. Vyraujantis traumuojantis agentas – šarmai. Dauguma pacientų į gydymo įstaigą atvyksta pavėluotai. Remiantis Dua klasifikacija, teigtina, kad vyrauja žemo laipsnio pažeidimai, vyresnio amžiaus pacientams dažniau nustatomi aukštesnio laipsnio nudegimai. Didesnis Dua laipsnis – nepriklausomas tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio suplonėjimo prognostinis veiksnys.
2. Pacientų, patyrusių cheminių nudegimų, tinklainės nervinių skaidulų sluoksnio ir ganglinių ląstelių sluoksnio parametrai buvo mažesni negu kontrolinėje grupėje. Per 3–6 mėn. pastebėta šių rodiklių mažėjimo tendencija.
3. Lietuvos gyventojų žinių apie chemines akių traumas lygis nepakankamas – daugiau negu pusės respondentų žinių lygis žemas. Dauguma tiriamųjų teisingai nurodė tinkamą pirmąją pagalbą (gausiai plauti akis vandeniu), tačiau beveik pusė klaidingai manė, kad pirmosios pagalbos pobūdis priklauso nuo cheminės medžiagos tipo. Geresnės žinios sietinos su aukštesniu išsilavinimu, tačiau net ir tarp aukštąjį universitetinį išsilavinimą turinčių asmenų daugiau negu pusei būdingas žemas žinių lygis. Lytis, asmeninė patirtis ar profesija reikšmingos įtakos neturėjo.
4. Būtina stiprinti visuomenės edukaciją apie neatidėliotiną pirmąją pagalbą cheminės akių traumos atvejais, aiškiai akcentuojant, kad gausi akies irigacija turi būti atliekama nepriklausomai nuo cheminės medžiagos. Taip pat svarbu ugdyti įprotį naudoti apsaugos priemones tiek darbo aplinkoje, tiek buityje.

REKOMENDACIJOS IR DARBO TĘSTINUMAS

Visuomenės švietimo rekomendacijos:

1. **Informacijos sklaida.** Reguliarūs visuomenės informavimo renginiai, viešosios sveikatos kampanijos bei švietėjiškos iniciatyvos darbo vietose ir mokyklose turi būti orientuotos į cheminių nudegimų prevenciją, pirmosios pagalbos veiksmus ir apsaugos priemonių svarbą.
2. **Pirmosios pagalbos akcentavimas.** Informuojant visuomenę, būtina aiškiai pabrėžti, kad neatidėliotina gausi akių irigacija patyrus cheminę traumą yra esminis veiksnys, lemiantis klinikinę prognozę.
3. **Apsauginių priemonių propagavimas.** Reikėtų skatinti naudoti apsauginius akinius pramonėje ir buityje, ypač atliekant savarankiškus darbus namuose.
4. **Interaktyvios priemonės.** Į edukacijos programas tikslinga įtraukti simuliacinius užsiėmimus ir praktinius pirmosios pagalbos mokymus, kurie padėtų įgyti įgūdžių, taikytinų realiose situacijose.

Pacientų priežiūros algoritmų rekomendacijos:

1. **Ūminė fazė.** Nedelsiant pradėti gausią irigaciją dar įvykio vietoje, tęsti transportavimo metu. Neturėtų būti laukiama, kol bus nustatyta cheminės medžiagos rūšis ar gautas tinkamiausias tirpalas.
2. **Medicininė pagalba.** Atvykus į gydymo įstaigą, privalu užtikrinti irigacijos tęstinumą, kol pH atkuriamas iki normos ribų (7,0–7,4). Įvertinti pažeidimo laipsnį (rekomenduojama Dua klasifikacija), tęsti medikamentinį gydymą pagal numatytus algoritmus.
3. **Ilgalaikė priežiūra.** Būtina nuolatinė stebėsena dėl lėtinio uždegimo, akispūdžio kontrolė, ragenos vaskuliarizacijos rizikos vertinimas.
4. **Psichologinė ir socialinė pagalba.** Atsižvelgiant į tai, kad cheminės traumos gali lemti ne tik regos sutrikimus, bet ir psichologinę distresą, būtina integruoti psichologinės pagalbos ir reabilitacijos priemones.

Visuomenės švietimo stiprinimas ir standartizuotų pacientų priežiūros algoritmų diegimas yra būtini veiksniai, siekiant sumažinti akių cheminių nudegimų naštą. Minėtų priemonių įgyvendinimas leistų užtikrinti ankstyvą, efektyvią pagalbą, pagerinti ilgalaikės klinikinės baigtis ir išsaugoti pacientų gyvenimo kokybę.

Ateities tyrimų perspektyvos:

1. Didesnės apimties perspektyvieji tyrimai, kurie leistų patikimiau įvertinti akies užpakalinio poliaus pokyčių progresiją.

2. Užtikrinti ilgalaikį pacientų stebėjimą, siekiant nustatyti, ar užpakalinio segmento pokyčiai progresuoja praėjus keleriems metams po traumos.
3. Organizuoti daugiacentrius tyrimus, sudarančius galimybę palyginti skirtingų šalių ir sveikatos priežiūros sistemų duomenis.
4. Vykdyti intervencinius tyrimus, skirtus imunomoduliacinio gydymo efektyvumui įvertinti.

Ateities darbai turėtų būti orientuoti į išsamią klinikinių, struktūrinių ir funkcinės regos išsaugojimo priemonių sąsajų analizę bei visuomenės edukacijos strategijų tobulinimą, siekiant sumažinti akių cheminių nudegimų sukeltą naštą sveikatos sistemai.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Négrel AD, Thylefors B. The global impact of eye injuries. *Ophthalmic Epidemiology* 1998; 5(3): 143–69.
2. Rajarajan M, Bhambhani Chavda V, Murugesan V, Agarwal S. Chemical injuries classification and management – current perspectives. *Seminars in Ophthalmology* 2025; 1–15.
3. Akgun Z, Selver OB. Epidemiology and etiology of chemical ocular injury: a brief review. *World J Clin Cases* 2023; 11(6): 1245–1251.
4. Sharma N, Kaur M, Agarwal T, Sangwan VS, Vajpayee RB. Treatment of acute ocular chemical burns. *Survey of Ophthalmology* 2018; 63(2): 214–235.
5. Dohlman CH, Zhou C, Lei F, Cade F, Regatieri CV, Črnej A et al. Glaucoma after corneal trauma or surgery – a rapid, inflammatory, IOP-independent pathway. *Cornea* 2019; 38(12): 1589–1594.
6. Paschalis EI, Zhou C, Lei F, Scott N, Kapoulea V, Robert MC et al. Mechanisms of retinal damage after ocular alkali burns. *The American Journal of Pathology* 2017; 187(6): 1327–1342.
7. Cade F, Paschalis EI, Regatieri CV, Vavvas DG, Dana R, Dohlman CH. Alkali burn to the eye: protection using TNF- α inhibition. *Cornea* 2014; 33(4): 382–389.
8. Zhou C, Robert MC, Kapoulea V, Lei F, Stagner AM, Jakobiec FA et al. Sustained subconjunctival delivery of infliximab protects the cornea and retina following alkali burn to the eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017; 58(1): 96.
9. Paschalis EI, Lei F, Zhou C, Kapoulea V, Thanos A, Dana R et al. The role of microglia and peripheral monocytes in retinal damage after corneal chemical injury. *The American Journal of Pathology* 2018; 188(7): 1580–1596.
10. Paschalis EI, Lei F, Zhou C, Kapoulea V, Dana R, Chodosh J et al. Permanent neuroglial remodeling of the retina following infiltration of CSF1R inhibition-resistant peripheral monocytes. *Proc Natl Acad Sci USA* 2018; 115(48). <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1807123115>.
11. Dohlman CH, Cade F, Regatieri CV, Zhou C, Lei F, Črnej A et al. Chemical burns of the eye: the role of retinal injury and new therapeutic possibilities. *Cornea* 2018; 37(2): 248–251.

12. Chen X, Lei F, Zhou C, Chodosh J, Wang L, Huang Y et al. Glaucoma after ocular surgery or trauma. *The American Journal of Pathology* 2020; 190(10): 2056–2066.
13. Zhou C, Lei F, Sharma J, Hui PC, Wolkow N, Dohlman CH et al. Sustained inhibition of VEGF and TNF- α achieves multi-ocular protection and prevents formation of blood vessels after severe ocular trauma. *Pharmaceutics* 2023; 15(8): 2059.
14. Soleimani M, Naderan M. Management strategies of ocular chemical burns: current perspectives. *OPHTH* 2020; 14: 2687–2699.
15. Loon SC, Tay WT, Saw SM, Wang JJ, Wong TY. Prevalence and risk factors of ocular trauma in an urban south-east Asian population: the Singapore Malay Eye Study. *Clinical Exper Ophthalmology* 2009; 37(4): 362–367.
16. Singh P, Tyagi M, Kumar Y, Gupta K, Sharma P. Ocular chemical injuries and their management. *Oman J Ophthalmol* 2013; 6(2): 83.
17. Ahmmed AA, Ting DSJ, Figueiredo FC. Epidemiology, economic and humanistic burdens of Ocular Surface Chemical Injury: a narrative review. *The Ocular Surface* 2021; 20: 199–211.
18. Chang A, Trief D, Chodosh J, Colby K, Woodward MA, Halfpenny C et al. Chemical (alkali and acid) injury of the conjunctiva and cornea. *The American Academy of Ophthalmology* 2025.
19. Quesada JMA, Lloves JM, Delgado DV. Ocular chemical burns in the workplace: epidemiological characteristics. *Burns* 2020; 46(5): 1212–1218.
20. Chen J, Chen CM, Zheng Y, Zhong L. Characteristics of eye-related emergency visits and triage differences by nurses and ophthalmologists: perspective from a single eye center in southern China. *Front Med* 2023; 10: 1091128.
21. Kalasauskienė A, Boguševičienė R. Akių cheminių nudegimų gydymo analizė. 2004.
22. Sipavičius V, Rimdeika R. Suaugusiųjų nudegimų epidemiologija Lietuvoje 2016–2020 metais. Kaunas, 2023.
23. Haring RS, Sheffield ID, Channa R, Canner JK, Schneider EB. Epidemiologic trends of chemical ocular burns in the United States. *JAMA Ophthalmol* 2016; 134(10): 1119.

24. Van Yperen DT, van der Vlies CH, de Faber JTHN, Smit X, Polinder S, Penders CJM et al. Epidemiology, treatment, costs, and long-term outcomes of patients with fireworks-related injuries (ROCKET); a multicenter prospective observational case series. *PLoS ONE* 2020; 15(3): e0230382.
25. Akbas E, Korkmaz I, Palamar M, Barut Selver O. Shifting trends in demographic features of chemical eye injuries during COVID-19 pandemic. *Int Ophthalmol* 2022; 42(7): 2127–2132.
26. Le Q, Chen Y, Wang X, Hong J, Sun X, Xu J. Analysis of medical expenditure and socio-economic status in patients with ocular chemical burns in East China: a retrospective study. *BMC Public Health* 2012; 12(1): 409.
27. Kuhn F, Pieramici DJ, eds. *Ocular trauma: principles and practice*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2002. <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/b-002-51011>.
28. Iyer G, Srinivasan B, Agarwal S, Fogla R. E-PIX: an enhanced grading for acute ocular burns. *Indian Journal of Ophthalmology* 2023; 71(4): 1401–1406.
29. Eslani M, Baradaran-Rafii A, Movahedan A, Djalilian AR. The ocular surface chemical burns. *Journal of Ophthalmology* 2014; 2014: 1–9.
30. Reim M, Redbrake C, Schrage N. Chemical and thermal injuries of the eyes. *Surgical and Medical Treatment Based on Clinical and Pathophysiological Findings* 2001; 76(2): 79–124.
31. Schrage NF, Langefeld S, Zschocke J, Kuckelkorn R, Redbrake C, Reim M. Eye burns: an emergency and continuing problem. *Burns* 2000; 26(8): 689–699.
32. Said DG, Dua HS. Chemical burns acid or alkali, what's the difference? *Eye* 2020; 34(8): 1299–300.
33. Macdonald ECA, Cauchi PA, Azuara-Blanco A, Foot B. Surveillance of severe chemical corneal injuries in the UK. *British Journal of Ophthalmology* 2009; 93(9): 1177–1180.
34. Choi SH, Kim MK, Oh JY. Glaucoma after ocular chemical burns: incidence, risk factors, and outcome. *Sci Rep* 2020; 10(1): 4763.

35. Allen NE, Crawford AZ, McGhee CNJ, Meyer JJ. Chemical eye injuries: a 10 year retrospective review of acute presentations and clinical outcomes in Auckland, New Zealand. *Sci Rep* 2024; 14(1): 8264.
36. Hoffman JJ, Casswell EJ, Shortt AJ. Assault-related severe ocular chemical injury at a London ophthalmic referral hospital: a 3-year retrospective observational study. *BMJ Open* 2020; 10(10): e038109.
37. Saccu G, Menchise V, Giordano C, Delli Castelli D, Dastrù W, Pellicano R et al. Regenerative approaches and future trends for the treatment of corneal burn injuries. *JCM* 2021; 10(2): 317.
38. Shanbhag SS, Nikpoor N, Rao Donthineni P, Singh V, Chodosh J, Basu S. Autologous limbal stem cell transplantation: a systematic review of clinical outcomes with different surgical techniques. *Br J Ophthalmol* 2020; 104(2): 247–253.
39. Baradaran-Rafii A, Eslani M, Haq Z, Shirzadeh E, Huvard MJ, Djalilian AR. Current and upcoming therapies for ocular surface chemical injuries. *The Ocular Surface* 2017; 15(1): 48–64.
40. Bizrah M, Yusuf A, Ahmad S. An update on chemical eye burns. *Eye* 2019; 33(9): 1362–1377.
41. Sprogyte L, Park M, di Girolamo N. Pathogenesis of alkali injury-induced limbal stem cell deficiency: a literature survey of animal models. *Cells* 2023; 12(9): 1294.
42. Gan L, Fagerholm P, Palmblad J. Expression of basic fibroblast growth factor in rabbit corneal alkali wounds in the presence and absence of granulocytes. *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 2005; 83(3): 374–378.
43. Wang M, Li Y, Wang H, Li M, Wang X, Liu R et al. Corneal regeneration strategies: from stem cell therapy to tissue engineered stem cell scaffolds. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2023; 165: 115206.
44. Mahaling B, Low SWY, Beck M, Kumar D, Ahmed S, Connor TB et al. Damage-associated molecular patterns (DAMPs) in retinal disorders. *IJMS* 2022; 23(5): 2591.
45. Zhou C, Lei F, Mittermaier M, Ksander B, Dana R, Dohlman CH et al. Opposing roles of blood-borne monocytes and tissue-resident macrophages in limbal stem cell damage after ocular injury. *Cells* 2023; 12(16): 2089.

46. Clare G, Bunce C, Tuft S. Amniotic membrane transplantation for acute ocular burns. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2022; 2022(9). <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD009379.pub3>.
47. Clare G, Suleman H, Bunce C, Dua H. Amniotic membrane transplantation for acute ocular burns. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2012; 2015(4). <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD009379.pub2>.
48. Dua HS. A new classification of ocular surface burns. *British Journal of Ophthalmology* 2001; 85(11): 1379–1383.
49. Gupta N, Kalaivani M, Tandon R. Comparison of prognostic value of Roper Hall and Dua classification systems in acute ocular burns. *British Journal of Ophthalmology* 2011; 95(2): 194–198.
50. Claassen K, Broding HC. Current status of emergency treatment of chemical eye burns in workplaces. *Int J Ophthalmol* 2021; 14(2): 306–309.
51. Kwok L, Burbidge A. Chemical eye injury in remote and urgent care clinic settings. *Aust J Gen Pract* 2024; 53(12 Suppl): S45–48.
52. Iyer G, Srinivasan B, Agarwal S. Algorithmic approach to management of acute ocular chemical injuries—I's and E's of Management. *The Ocular Surface* 2019; 17(2): 179–185.
53. Patek GC, Bates A, Zanaboni A. Ocular burns. *StatPearls [Internet]* 2023.
54. Chang AY, Purt B. Biochemistry, tear film. *StatPearls [Internet]* 2023.
55. Gwenthure, T. Procedure for eye irrigation to treat ocular chemical injury. 2020; 116(2): 46–48.
56. Spowart E, Pradhan S, Bruce C, Salvador-Culla B, Figueiredo G, Figueiredo FC. Outcomes in acute ocular surface chemical injury – role of pH measurement on presentation: a retrospective cohort study. *Ophthalmol Ther* 2025; 14(8): 1713–1722.
57. Robayo-Velásquez JF, Bonilla-Escobar FJ, Salamanca O, Martínez-Blanco AM. Ocular chemical burns: epidemiological trends in a Colombian Medical Center. *Journal of Burn Care & Research* 2024; 45(5): 1243–1249.

58. Ștefan C, Timaru CM, Iliescu DA, Schmitzer S, de Algerino S, Batras M, Hosseini-Ramhormozi J et al. Glaucoma after chemical burns and radiation. *Rom J Ophthalmol* 2016; 60(4): 209–215.
59. Dahlmann-Noor AH, Cosgrave E, Lowe S, Bailly M, Vivian AJ. Brimonidine and apraclonidine as vasoconstrictors in adjustable strabismus surgery. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 2009; 13(2): 123–126.
60. Peng WY, He LW, Yin XF, Zhou BB, Zhou T, Zhou SY. Successful regression of newly formed corneal neovascularization by subconjunctival injection of bevacizumab in patients with chemical burns. *Front Med* 2023; 10: 1210765.
61. Mohan RR, Martin LM, Sinha NR. Novel insights into gene therapy in the cornea. *Experimental Eye Research* 2021; 202: 108361.
62. Bastola P, Song L, Gilger BC, Hirsch ML. Adeno-associated virus mediated gene therapy for corneal diseases. *Pharmaceutics* 2020; 12(8): 767.
63. Bian F, Xiao Y, Zaheer M, Volpe E, Pflugfelder S, Li DQ et al. Inhibition of NLRP3 inflammasome pathway by butyrate improves corneal wound healing in corneal alkali burn. *IJMS* 2017; 18(3): 562.
64. Kelley N, Jeltema D, Duan Y, He Y. The NLRP3 inflammasome: an overview of mechanisms of activation and regulation. *IJMS* 2019; 20(13): 3328.
65. Amador C, Shah R, Ghiam S, Kramerov AA, Ljubimov AV. Gene therapy in the anterior eye segment. *CGT* 2022; 22(2): 104–131.
66. Klifto KM, Elhelali A, Gurno CF, Seal SM, Asif M, Hultman CS. Acute surgical vs non-surgical management for ocular and peri-ocular burns: a systematic review and meta-analysis. *Burns & Trauma* 2019; 7: s41038-019-0161–4.
67. McLure M, Macneil F, Wood FM, Cuttle L, Eastwood K, Bray J et al. A rapid review of burns first aid guidelines: is there consistency across international guidelines? *Cureus* 2021. <https://www.cureus.com/articles/58738-a-rapid-review-of-burns-first-aid-guidelines-is-there-consistency-across-international-guidelines>.
68. Smith RE, Conway B. Alkali retinopathy. *Archives of Ophthalmology* 1976; 94(1): 81–84.

69. Houghton OM, Iezzi R. Indocyanine green angiographic features in a case of alkali retinopathy. *Retinal Cases & Brief Reports* 2009; 3(4): 403–406.
70. Vanclooster A, de Zaeytjyd J, Roels D. Expanding the spectrum of alkali retinopathy: maculopathy following alkali burn. *Case Rep Ophthalmol* 2022; 13(2): 657–662.
71. Harissi-Dagher M, Dohlman CH. The Boston Keratoprosthesis in severe ocular trauma. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2008; 43(2): 165–169.
72. Cade F, Grosskreutz CL, Tauber A, Dohlman CH. Glaucoma in eyes with severe chemical burn, before and after keratoprosthesis. *Cornea* 2011; 30(12): 1322–1327.
73. Netland PA, Terada H, Dohlman CH. Glaucoma associated with keratoprosthesis. *Ophthalmology* 1998; 105(4): 751–757.
74. Crnej A, Paschalis EI, Salvador-Culla B, Tauber A, Drnovsek-Olup B, Shen LQ et al. Glaucoma progression and role of glaucoma surgery in patients with Boston Keratoprosthesis. *Cornea* 2014; 33(4): 349–354.
75. Crnej A, Omoto M, Dohlman TH, Gonzalez-Andrades M, Paschalis EI, Cruzat A et al. Effect of penetrating keratoplasty and keratoprosthesis implantation on the posterior segment of the eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(4): 1643.
76. Sotozono C, He J, Matsumoto Y, Kita M, Imanishi J, Kinoshita S. Cytokine expression in the alkali-burned cornea. *Current Eye Research* 1997; 16(7): 670–676.
77. Miyamoto F, Sotozono C, Ikeda T, Kinoshita S. Retinal cytokine response in mouse alkali-burned eye. *Ophthalmic Res* 1998; 30(3): 168–171.
78. Robert MC, Črnej A, Shen LQ, Papaliodis GN, Dana R, Foster CS et al. Infliximab after Boston Keratoprosthesis in Stevens–Johnson Syndrome: an update. *Ocular Immunology and Inflammation* 2017; 25(3): 413–417.
79. Paschalis EI, Lei F, Zhou C, Chen XN, Kapoulea V, Hui PC et al. Microglia regulate neuroglia remodeling in various ocular and retinal injuries. *The Journal of Immunology* 2019; 202(2): 539–549.

80. Hui PC, Pereira LA, Dore R, Chen S, Taniguchi E, Chodosh J et al. Intrinsic optical properties of Boston Keratoprosthesis. *Trans Vis Sci Tech* 2020; 9(12): 10.
81. Robert MC, Frenette M, Zhou C, Yan Y, Chodosh J, Jakobiec FA et al. A drug delivery system for administration of anti-TNF- α antibody. *Trans Vis Sci Tech* 2016; 5(2): 11.
82. Keivyon KR, Tseng SCG. Limbal autograft transplantation for ocular surface disorders. *Ophthalmology* 1989; 96(5): 709–723.
83. Qi Q, Su D, Zhuang S, Yao S, Heindl LM, Fan X et al. Progress in nanotechnology for treating ocular surface chemical injuries: reflecting on advances in ophthalmology. *Advanced Science* 2025; 12(6): 2407340.
84. Li S, Chen L, Fu Y. Nanotechnology-based ocular drug delivery systems: recent advances and future prospects. *J Nanobiotechnol* 2023; 21(1): 232.
85. Sahoo SK, Parveen S, Panda JJ. The present and future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 2007; 3(1): 20–31.
86. Yang C, Yang J, Lu A, Gong J, Yang Y, Lin X et al. Nanoparticles in ocular applications and their potential toxicity. *Front Mol Biosci* 2022; 9: 931759.
87. Kuhn F, Morris R, Witherspoon CD, Mann L. Epidemiology of blinding trauma in the United States Eye Injury Registry. *Ophthalmic Epidemiology* 2006; 13(3): 209–216.
88. Dua HS, Ting DSJ, Al Saadi A, Said DG. Chemical eye injury: pathophysiology, assessment and management. *Eye* 2020; 34(11): 2001–2019.
89. Seraj H, Khawandanh S, Fatani A, Saeed A, Alotaibi G, Basheikh A. Population-level investigation of the knowledge of ocular chemical injuries and proper immediate action. *BMC Research Notes* 2020.
90. Al-Ghadeer H, Al Amry M, Aldihan KA, Alobaidan OS, AlQahtani GMS, Khandekar R. Demographic, clinical profile and management outcomes of ocular chemical injuries in Saudi children. *OPHTH* 2022; 16: 3247–3255.
91. Committee on Sports Medicine and Fitness. Protective eyewear for young athletes. *Pediatrics* 2004; 113(3): 619–622.

92. Vinger PF. A practical guide for sports eye protection. 2000; 28(6): 49–69.
93. Radosavljevic A, Kalezic T, Golubovic S. The frequency of chemical injuries of the eye in a tertiary referral centre. *Srp Arh Celok Lek* 2013; 141(9–10): 592–596.
94. Alreshidi FFS, Alzahrani MAS, Alghamdi MMG, Alahmed SKA, Alajmi TSO, Alharbi ASO et al. Public knowledge and practices regarding eye injuries in Saudi Arabia: a cross-sectional study. *Journal of Advanced Trends in Medical Research* 2025; 2(1): 62–68.
95. AlMahmoud T, Al Hadhrami SM, Elhanan M, Alshamsi HN, Abu-Zidan FM. Epidemiology of eye injuries in a high-income developing country: an observational study. *Medicine* 2019; 98(26): e16083.
96. McCall BP, Horwitz IB, Taylor OA. Occupational eye injury and risk reduction: Kentucky workers' compensation claim analysis 1994–2003. *Inj Prev* 2009; 15(3): 176–182.
97. Bull N. Mandatory use of eye protection prevents eye injuries in the metal industry. *Occupational Medicine* 2007; 57(8): 605–606.
98. Wu C, Patel SN, Jenkins TL, Obeid A, Ho AC, Yonekawa Y. Ocular trauma during COVID-19 stay-at-home orders: a comparative cohort study. *Current Opinion in Ophthalmology* 2020; 31(5): 423–426.
99. Chauhan MZ, Ali AA, Healy J, Elhusseiny AM, Phillips PH, Sallam AB et al. The impact of the COVID-19 pandemic on ocular trauma in American infants and toddlers. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 2024; 28(2): 103864.
100. Vaikų traumų prevencija: tėvų ir pedagogų įgalinimo projektas „Saugus vaikas“. Kaunas, 2024.
101. WMA Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human participants. the world medical association. <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/>.
102. World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA* 2013; 310(20): 2191.
103. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 2007; 39(2): 175–191.

104. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods* 2009; 41(4): 1149–1160.
105. Mwanza JC, Durbin MK, Budenz DL. Interocular symmetry in peripapillary retinal nerve fiber layer thickness measured with the cirrus HD-OCT in healthy eyes. *American Journal of Ophthalmology* 2011; 151(3): 514–521.e1.
106. Budenz DL. Symmetry between the right and left eyes of the normal retinal nerve fiber layer measured with optical coherence tomography (an AOS thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc* 2008; 106: 252–275.
107. Pawar N, Maheshwari D, Ravindran M, Ramakrishnan R. Interocular symmetry of retinal nerve fiber layer and optic nerve head parameters measured by Cirrus high-definition optical coherence tomography in a normal pediatric population. *Indian J Ophthalmol* 2017; 65(10): 955.
108. Zhou M, Lu B, Zhao J, Wang Q, Zhang P, Sun X. Interocular symmetry of macular ganglion cell complex thickness in young Chinese subjects. *Bhattacharya S, ed. PLoS ONE* 2016; 11(7): e0159583.
109. Lin MP, Ekşioğlu Ü, Mudumbai RC, Slabaugh MA, Chen PP. Glaucoma in patients with ocular chemical burns. *American Journal of Ophthalmology* 2012; 154(3): 481–485.e1.
110. Bueno JM, Ávila FJ, Lorenzo-Martín E, Gallego-Muñoz P, Carmen Martínez-García M. Assessment of the corneal collagen organization after chemical burn using second harmonic generation microscopy. *Biomed Opt Express* 2021; 12(2): 756.
111. Kaiti R, Sharma IP, Dahal M. Review on current concepts of myopia and its control strategies. *Int J Ophthalmol* 2021; 14(4): 606–615.
112. Maraghechi G, Ojaghi H, Ojaghi H. A comparative study of Pentacam indices in various types and severities of refractive error in candidates for photorefractive keratectomy (PRK) surgery. *J Med Life* 2022; 15(6): 810–818.
113. Brady CJ, Birnbaumer DM. How to irrigate the eye and do eyelid eversion. *MERCK* 2025.
114. Machiele R, Motlagh M, Zeppieri M, Patel BC. Intraocular pressure. *StatPearls [Internet]* 2024.

115. Nolan W, Onakoya A. Gonioscopy skills and techniques. Community Eye Health 2022.
116. Susanna JrR. Staging glaucoma patient: why and how? TOOPHTJ 2009; 3(1): 59–64.
117. Satue M, Castro L, Vilades E, Cordon B, Errea JM, Pueyo A et al. Ability of swept-source OCT and OCT-angiography to detect neuroretinal and vasculature changes in patients with Parkinson disease and essential tremor. Eye 2023; 37(7): 1314–1319.
118. Al-Sheikh M, Ghasemi Falavarjani K, Akil H, Sadda SR. Impact of image quality on OCT angiography based quantitative measurements. Int J Retin Vitre 2017; 3(1): 13.
119. Figueiredo B, Cronemberger K. Correlation between ocular perfusion pressure and ocular pulse amplitude in glaucoma, ocular hypertension, and normal eyes. OPTH 2013; 1615.
120. Bamahfouz A, Bakry SM, Alsharif AM, Alomeri S, Alsharif EF, Zamzami OS et al. Ocular chemical injuries in Western Saudi Arabia: a study of the public's level of knowledge and experience. Cureus 2023. <https://www.cureus.com/articles/159252-ocular-chemical-injuries-in-western-saudi-arabia-a-study-of-the-publics-level-of-knowledge-and-experience>.
121. Idrees L, Wahby Salem I, Jastanyah A, Algarni A, Alsheikh R, Alyami A et al. Assessment of medical students' knowledge of ocular first aid during trauma: a cross-sectional study from King Abdulaziz University. Cureus 2024. <https://www.cureus.com/articles/214742-assessment-of-medical-students-knowledge-of-ocular-first-aid-during-trauma-a-cross-sectional-study-from-king-abdulaziz-university>.
122. Verma A, Schulz MR, Quandt SA, Robinson EN, Grzywacz JG, Chen H et al. Eye health and safety among latino farmworkers. Journal of Agromedicine 2011; 16(2): 143–152.
123. Harakuni UU, Kumar N. Knowledge, attitude, and practices of emergency management of ocular chemical injury among primary responders. Delhi Journal of Ophthalmology 2020; 31(1): 48–52.
124. Alibrahim D, El Mahalli A. The knowledge, attitude and practice level of dental auxiliaries regarding oral health care for pregnant patients in the eastern province of Saudi Arabia. F1000Res 2023; 11: 216.

125. Abdullahi A, Hassan A, Kadarman N, Saleh A, Shu'aibu YB, Lua PL. Food safety knowledge, attitude, and practice toward compliance with abattoir laws among the abattoir workers in Malaysia. *IJGM* 2016; 79.
126. Ashebir W, Yimer B, Alle A, Teshome M, Tekla Y, Wolde A. Knowledge, attitude, practice, and factors associated with prevention practice towards COVID-19 among healthcare providers in Amhara region, northern Ethiopia: a multicenter cross-sectional study. *PLOS Glob Public Health* 2022; 2(4): e0000171.
127. Robb RA. W. G. Cochran sampling techniques (John Wiley & Sons, 2nd edition, 1963), pp. 72s. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society* 1963; 13(4): 342–343.
128. Cochran WG. *Sampling techniques*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.
129. Paniotto BI. *Vyborčnye metody sociologičeskikh issledovanij [Sampling methods of sociological research]*. Kiev: Naukova Dumka, 1984.
130. Hong J, Qiu T, Wei A, Sun X, Xu J. Clinical characteristics and visual outcome of severe ocular chemical injuries in Shanghai. *Ophthalmology* 2010; 117(12): 2268–2272.
131. Kate A, Sharma S, Yathish S, Das AV, Malepati N, Donthineni PR et al. Demographic profile and clinical characteristics of patients presenting with acute ocular burns. *Indian Journal of Ophthalmology* 2023; 71(7): 2694–2703.
132. Thompson AE, Anisimowicz Y, Miedema B, Hogg W, Wodchis WP, Aubrey-Bassler K. The influence of gender and other patient characteristics on health care-seeking behaviour: a QUALICOPC study. *BMC Fam Pract* 2016; 17(1): 38.
133. Rata Mohan DS, Jawahir S, Manual A, Abdul Mutalib NE, Mohd Noh SN, Ab Rahim I et al. Gender differences in health-seeking behaviour: insights from the National Health and Morbidity Survey 2019. *BMC Health Serv Res* 2025; 25(1): 900.
134. Lu Z, Chu T, Yang ZH, Xia X, Shen YH, Chen JH et al. Epidemiological features and management of eye burn patients in Wuxi, China. *BMJ Open Ophth* 2023; 8(1): e001171.
135. Salvador-Culla B, Hogg J, Okonkwo A, Mulroy J, Figueiredo GS, Figueiredo FC. Severe chemical eye injuries – clinical outcomes and

- associated socio-economic factors. *Scars, Burns & Healing* 2023; 9: 20595131231180367.
136. Bizrah M, Yusuf A, Ahmad S. Adherence to treatment and follow-up in patients with severe chemical eye burns. *Ophthalmol Ther* 2019; 8(2): 251–259.
137. Cherecheanu AP, Garhofer G, Schmidl D, Werkmeister R, Schmetterer L. Ocular perfusion pressure and ocular blood flow in glaucoma. *Current Opinion in Pharmacology* 2013; 13(1): 36–42.
138. Dorairaj S, Kanadani FN, Figueiredo CR, Miranda RM, Cunha PL, Kanadani TC. Ocular perfusion pressure and pulsatile ocular blood flow in normal and systemic hypertensive patients. *Journal of Current Glaucoma Practice* 2015; 9(1): 16–19.
139. Zheng Y, Wong TY, Mitchell P, Friedman DS, He M, Aung T. Distribution of ocular perfusion pressure and its relationship with open-angle glaucoma: The Singapore Malay Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51(7): 3399.
140. Saini JS, Sharma A. Ocular chemical burns-clinical and demographic profile. *Burns* 1993; 19(1): 67–69.
141. Wu Z, Saunders LJ, Zangwill LM, Daga FB, Crowston JG, Medeiros FA. Impact of normal aging and progression definitions on the specificity of detecting retinal nerve fiber layer thinning. *American Journal of Ophthalmology* 2017; 181: 106–113.
142. Lee WJ, Baek SU, Kim YK, Park KH, Jeoung JW. Rates of ganglion cell-inner plexiform layer thinning in normal, open-angle glaucoma and pseudoexfoliation glaucoma eyes: a trend-based analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60(2): 599.
143. Soh Z, Yu M, Chen Y, Thakur S, Lavanya R, Tham YC et al. Physiological change in ganglion cell inner plexiform layer and nerve fibre layer thickness over six years. *Clinical Exper Ophthalmology* 2025; 53(4): 391–401.
144. Gao XR, Wu F, Yuhas PT, Rasel RK, Chiariglione M. Automated vertical cup-to-disc ratio determination from fundus images for glaucoma detection. <https://www.nature.com/srep>.
145. Crowston JG. The effect of optic disc diameter on vertical cup to disc ratio percentiles in a population based cohort: the Blue Mountains Eye Study. *British Journal of Ophthalmology* 2004; 88(6): 766–770.

146. Kaplan AT, Yalcin SO, Günaydın NT, Kaymak NZ, Gün RD. Ocular-periocular burns in a tertiary hospital: epidemiologic characteristics. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 2023; 76: 208–215.
147. Dhabaan WA, Almutairi KH, Alzahrani AA, Almutlaq AH, Jali Asiri AAH, Hasan Alshahrani RS et al. Assessing knowledge and practice about eye injuries first aid, with awareness about the importance of early management among general population in Asser Region, 2020. *Journal of Family Medicine and Primary Care* 2021; 10(5): 2022–2027.
148. Kam K, Patel C, Nikpoor N, Yu M, Basu S. Limbal ischemia: reliability of clinical assessment and implications in the management of ocular burns. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67(1): 32.
149. AlMahmoud T, Elkonaisi I, Grivna M, Abu-Zidan FM. Personal protective eyewear usage among industrial workers in small-scale enterprises. *Inj Epidemiol* 2020; 7(1): 54.
150. Zakrzewski H, Chung H, Sanders E, Hanson C, Ford B. Evaluation of occupational ocular trauma: are we doing enough to promote eye safety in the workplace? *Canadian Journal of Ophthalmology* 2017; 52(4): 338–342.
151. Turbert D. Eye injury prevention. *The American Academy of Ophthalmology* 2021.
152. Mishra A, Verma AK. Sports related ocular injuries. *Medical Journal Armed Forces India* 2012; 68(3): 260–266.
153. Wijnands APG, de Lange DW, Rietjens SJ. Preventing occupational chemical eye injuries: important lessons from poison information centres. *Clinical Toxicology* 2023; 61(8): 573–576.
154. Kyriakaki ED, Symvoulakis EK, Chlouverakis G, Detorakis ET. Causes, occupational risk and socio-economic determinants of eye injuries: a literature review. *Medicine and Pharmacy Reports* 2021; 94(2): 131–144.
155. Serinken M, Turkcuier I, Cetin E, Yilmaz A, Elicabuk H, Karcioğlu O. Causes and characteristics of work-related eye injuries in western Turkey. *Indian J Ophthalmol* 2013; 61(9): 497.
156. Le Q, Chen Y, Wang X, Li Y, Hong J, Xu J. Vision-related quality of life in patients with ocular chemical burns. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52(12): 8951.

157. Graca M, Sarantopoulos K, Horn DB. Chemical toxic exposures and chronic ocular pain. *Front Toxicol* 2023; 5: 1188152.

PRIEDAI

1 priedas. Irigacijos metodikos aprašas.

Straipsnyje „Procedure for eye irrigation to treat ocular chemical injury“ [55] pateikiamas išsamus irigacijos metodikos aprašas:

1. Informuokite pacientą apie procedūrą, paklauskite apie galimas alergijas ir gaukite raštišką sutikimą.
2. Nusiplaukite rankas. Užsidėkite vienkartinės pirštines ir prijuostę.
3. Užtikrinkite paciento privatumą (užtraukite užuolaidą ir uždarykite duris).
4. Jei pacientas nešioja kontaktinius lęšius, prieš irigaciją juos reikia pašalinti.
5. Jei įmanoma, patikrinkite abiejų akių paviršiaus pH.
6. Įlašinkite vietinių nuskausminamųjų lašų. Kartokite tai, jei reikia, procedūros metu.
7. Paruoškite įrangą.
8. Paciento padėtis gulima ar sėdima.
9. Uždenkite paciento kaklą ir pečius rankšluosčiu, apsauginiu apsiaustu ar kitomis vandeniui atspariomis medžiagomis.
10. Nusiimkite pirštines ir prijuostę, nusiplaukite rankas ir užsidėkite naujas apsaugos priemones.
11. Paruoškite visą reikiamą įrangą.
12. Sistemas užpildykite parinktu irigaciniu skysčiu (fiziologinis tirpalas arba Ringerio laktatas).
13. Jei naudojama intraveninė infuzinė sistema, pakabinkite skysčio maišelį, prijunkite ir paruoškite sistemą, reguliuokite srauto greitį.
14. Paprašykite paciento pasukti galvą pažeistos akies link ir padėkite medicininį inksto formos dubenėlį. Svarbu nuosekliai ir ramiai paaiškinti procedūros eigą ir nuraminti pacientą.
15. Užlašinkite nedidelį kiekį irigacinio skysčio ant paciento skruosto – tai padeda pacientui priprasti prie irigacijos pojūčio.
16. Pradėkite irigaciją nuo vidinio akių kampo link išorinio. Skystis turi tekėti per visą akies paviršių. Taip sumažinama rizika, kad cheminės medžiagos gali patekti į sveikąją akį (11 pav.).
17. Irigacijos trukmė – bent 30 min. Išverskite viršutinius ir apatinius vokus, pašalinkite likusias kietas daleles drėgnu tamponėliu.
18. Nutraukus irigaciją, nusauskite vokus, pasirūpinkite, kad pacientas jaustųsi šiltai ir patogiai.

19. Po 5 min. dar kartą išmatuokite akies paviršiaus pH – tiek laiko reikia, kad irigacijos skystis būtų pašalintas ir matavimas atspindėtų realų akies paviršiaus pH. Tęskite irigaciją, kol pH normalizuosis (7,0–7,4). Jei reikia, naudokite sveikąją akį kaip kontrolinę.
20. Kai procedūra bus baigta, nuimkite rankšluostį arba apsauginį apsiaustą ir vadovaukitės vidinėmis gydymo įstaigos taisyklėmis.
21. Užtikrinkite paciento komfortą – paaiškinkite procedūros rezultatus.
22. Nuimkite ir išmeskite prijuostę bei vienkartinės pirštines pagal gydymo įstaigos vidaus taisykles. Dezinfekuokite rankas ir dokumentuokite procedūrą (sunaudoto irigacijai skysčio kiekį, irigacijos trukmę ir pH rodmenis).



11 pav. **Irigacijos technika. Sudaryta remiantis [55].**

2 priedas. Visuomenės apklausos anketa.

1. Jūsų lytis:

☐ Moteris

☐ Vyras

2. Jūsų amžius: _____

3. Jūsų išsilavinimas:

☐ Vidurinis

☐ Profesinis

☐ Aukštasis neuniversitetinis

☐ Aukštasis universitetinis

4. Jūsų socialinė padėtis:

☐ Dirbantysis

☐ Bedarbis

☐ Studentas

☐ Senjoras

5. Jūsų profesija: _____

6. Ar Jūs arba Jūsų pažįstami asmenys yra patyrę akių cheminę traumą?

☐ Taip (aš pats / pati)

☐ Taip (pažįstami)

☐ Ne

7. Ar Jums yra tekę gydyti pacientą po cheminio akių nudegimo?

☐ Taip

☐ Ne

8. Šarminiai nudegimai yra pavojingesni negu rūgštiniai:

☐ Taip

☐ Ne

☐ Nežinau

9. Kokios medžiagos dažniausiai sukelia cheminius nudegimus buityje?

☐ Rūgštys

☐ Šarmai

☐ Rūgštys ir šarmai vienodai dažnai

☐ Nežinau

10. Dažniausias ankstyvas cheminio akių nudegimo simptomas:

- ☐ Akies paraudimas
- ☐ Deginimo jausmas
- ☐ Skausmas
- ☐ Nežinau

11. Ką pirmiausia reikėtų daryti įvykus cheminiam akių nudegimui?

- ☐ Gausiai plauti akį vandeniu
- ☐ Plauti nedideliu kiekiu vandens
- ☐ Uždengti akį
- ☐ Skubiai vykti į skubios pagalbos skyrių
- ☐ Lašinti drėkinančius akių lašus
- ☐ Kita: _____

12. Pirmieji medicinos personalo veiksmai atvykus pacientui, patyrusiam cheminę akių traumą:

- ☐ Anamnezės surinkimas
- ☐ Kruopštus traumos įvertinimas
- ☐ Pirminė akių apžiūra
- ☐ Skubus gydymas
- ☐ Nežinau

13. Ar pirmosios pagalbos veiksmai skiriasi priklausomai nuo nudegimą sukėlusios medžiagos?

- ☐ Taip
- ☐ Ne
- ☐ Nežinau

14. Koks skystis gali būti naudojamas akiai plauti gydymo įstaigoje patyrus cheminį nudegimą?

- ☐ 0,9 % NaCl tirpalas
- ☐ Vanduo iš čiaupo
- ☐ Bet koks nekenksmingas skystis
- ☐ Kita: _____

SANTRAUKA / SUMMARY

ABBREVIATIONS

ABP – arterial blood pressure
BCVA – best corrected visual acuity
CCT – central corneal thickness
CI – confidence interval
DDS – drug delivery systems
ED – Emergency Department
GC – ganglion cells
GCL – ganglion cells layer
IL – interleukin
IOP – intraocular pressure
MMP – matrix metalloproteinase
OCT – optical coherence tomography
OPP – ocular perfusion pressure
PMN – polymorphonuclear infiltrates
RNFL – retinal nerve fiber layer
ROS – reactive oxygen species
SD – standard deviation
TNF- α – tumor necrosis factor alpha
VEGF – vascular endothelial growth factor

INTRODUCTION

Eye injuries are one of the leading causes of ocular morbidity. According to the World Health Organization Blindness Prevention Programme, there are approximately 55 million eye injuries worldwide annually that result in limitations in daily actions for more than one day. Eye injuries are the cause of roughly 1.6 million cases of blindness and nearly 19 million cases of monocular blindness or visual impairment every year [1]. Chemical eye burns are a critical condition that can have long-term consequences and requires urgent evaluation as well as treatment [2]. The difficulty of a chemical burn depends on various factors: the type and concentration of the chemical, the duration of exposure, the extent and depth of the burn, as well as the initial treatment. In most cases, these injuries are caused by exposure to alkaline or acidic substances. During a burn, the ocular surface is directly exposed to toxic materials that quickly penetrate the eye and/or periocular tissues. Alkaline substances penetrate faster and deeper than acids [3]. Prompt irrigation and appropriate medical treatment reduce the degree of the damage [4]. Although most cases are mild and do not cause vision problems, in some cases the anterior segment structures may be irreversibly damaged. Therefore, complications such as glaucoma may develop over time. Chronic and progressive neurodegenerative processes can lead to irreversible vision loss. The literature review has shown the cases of traumatic optic neuropathy after chemical burns, even in the absence of documented elevation of intraocular pressure [5]. Animal studies have reported mechanisms that could explain posterior segment damage [5–9]. Animal studies have shown that posterior segment damage is not related to direct chemical toxicity or altered pH. During a burn, inflammatory cytokines such as tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin (IL)-1 β , and matrix metalloproteinase (MMP)-9 are produced in the anterior segment of the eye, which then diffuse to the posterior segment [6]. This process enhances the migration of monocytes from the bloodstream into the retina, where they differentiate into macrophages and acquire a microglial morphology [10]. In the case of injury, these cells acquire new properties, including extensive infiltration of tissues, resistance to apoptosis, and thus remain in increased numbers, maintaining a chronic inflammatory state. This can lead to the progressive damage of ganglion cells (GCs) and the optic nerve. Although glucocorticoids are widely used to suppress anterior segment inflammation, research has shown that their use alone is not sufficient to prevent posterior segment changes following chemical ocular burns [11]. Glucocorticoids are most effective during the acute phase, but do not always prevent late microglia-induced

neurodegeneration. Immunomodulators, when dosed appropriately, have shown a significant reduction in the loss of GC and optic nerve axons [12,13]. Animal studies have shown that TNF- α levels are significantly elevated within the first 24 hours after alkaline burns [8,12]. Prompt anti-TNF- α treatment suppresses inflammation and protects the retina from apoptotic changes [6]. Furthermore, similar GC and optic nerve damage has been observed not only after severe chemical ocular injuries with intense anterior segment inflammation, but also after other interventions such as keratoplasty or even full-thickness corneal sutures [12]. Prompt neuroprotective treatment is a promising adjunctive therapy in the emergency department that can improve clinical outcomes after severe chemical injuries.

Public knowledge about the prevention of chemical eye burns and appropriate first aid is an equally important factor in successful treatment. It is shown that a large proportion of respondents did not know what correct actions to take in case of a chemical eye injury, which may lead to worse clinical outcomes. The identified knowledge gaps provide a basis for developing educational programs and preventive actions aimed at reducing the severity of injuries and improving treatment outcomes.

RELEVANCE AND SCIENTIFIC NOVELTY OF THE STUDY

Current research of animals has shown that chemical burns can indirectly damage the posterior segment of the eye. The dysregulation of pro-inflammatory mediators activates retinal immune cells and subsequently leads to GC apoptosis and optic nerve damage. Further research is needed to determine if chemical injuries can cause similar issues in the human eye. If posterior segment damage is confirmed objectively, neuroprotective treatment as an additional therapy after chemical burns could improve clinical outcomes. Additionally, understanding the risk factors for traumatic optic neuropathy may help to implement more effective first aid in emergency departments, preventing irreversible vision loss.

Present research is dedicated to the first prospective clinical study in ophthalmology to analyze posterior segment damage in the presence of normal intraocular pressure after chemical burns.

AIM AND OBJECTIVES OF THE STUDY

The aim of the study: to evaluate the impact of chemical eye burns on the structure and function of the posterior segment of the eye, to analyze the

changes observed over different follow-up periods, and to assess public knowledge of first aid in order to increase awareness and develop preventive recommendations.

Objectives of the study:

1. To evaluate the epidemiological and clinical parameters of chemical eye injuries, determine their link to burn severity, and identify prognostic factors.
2. To evaluate, compare and analyze the dynamics of the thickness of the retinal nerve fiber layer and ganglion cells layer between patients after chemical eye burns and healthy individuals.
3. To assess the Lithuanian population's general knowledge regarding the chemical eye burns, first aid measures and to identify key aspects affecting awareness.
4. To develop recommendations for public education and optimization of patient care after chemical eye burns, with the aim of reducing complications and improving long-term visual prognosis.

PRACTICAL SIGNIFICANCE

Present research provides new data on changes in the posterior segment after chemical burns, which allows to improve prognosis and individualized patient care. Based on the survey results and the analysis of scientific literature, practical recommendations have been developed. Proposed recommendations can be used in everyday ophthalmology practice and public health educational initiatives, which could lead to enhanced patients' quality of life and lower healthcare costs.

MATERIALS AND METHODS

CLINICAL STUDY

The prospective study was conducted during the years of 2023 – 2025 at the Republican Vilnius University Hospital (Vilnius, Lithuania). The study was approved by Vilnius Regional Biomedical Research Ethics Committee (No. 2023/5-1520-976) on May 5, 2023 and followed the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki [101,102]. Two groups were formed: the case group of patients after chemical eye burns, and the control group of ophthalmologically healthy individuals. All participants provided written informed consent prior to enrolment.

To determine whether the chosen sample size was sufficient to detect statistically significant differences, statistical power was calculated by implementing G*Power software [103,104]. A total of 151 eyes (64 in the chemical burn group and 87 in the control group) were included in the analysis. Calculations yield the power value of 80% to detect a medium size effect (Cohen's $d = 0.5$) at a significance level of $\alpha = 0.05$. This confirms that the sample size design was adequate to ensure the reliability of the study results.

Inclusion criteria for participants in the case group:

1. Diagnosed chemical eye burn confirmed by an ophthalmologist.
2. Patient consent to participate in the study and attend follow-up visits at 3–6 months (signed informed consent form).
3. Age ≥ 18 years.
4. Normal intraocular pressure (≤ 21 mm Hg).
5. Diagnosed limbal ischemia at the time of the burn.
6. No history of glaucoma.
7. No other ocular diseases, except minor refractive errors (hyperopia $\leq +2.00$ D, myopia ≤ -3.00 D, astigmatism ≤ 1.00 D).

Exclusion criteria for participants in the case group:

1. Refusal to participate or withdrawal from the study during the observation period.
2. Age < 18 years.
3. Allergy or increased sensitivity to topical anesthetics or mydriatics.
4. History of glaucoma or glaucoma diagnosed during the study.
5. Previous orbital or ocular trauma.
6. Any anterior and/or posterior segment eye diseases that could affect study outcomes.
7. Any systemic or infectious diseases (e.g., uncontrolled diabetes mellitus, Alzheimer's disease, autoimmune disorders, etc.).

Observation scheme: patients were examined during the acute phase and at 3 months post-injury. If significant inter-eye asymmetry was detected (RNFL thickness difference $> 9 \mu\text{m}$ or GCL thickness difference $> 4.5 \mu\text{m}$) [105–108], a repeat follow-up was conducted at 6 months. Observation time points were selected based on previously published studies [33,34,109,110]. To avoid dependent observations, a sensitivity analysis was performed: for patients with both eyes affected (burn group), one eye was randomly selected for analysis. The results did not differ from the primary analysis. Burn severity was assessed according to the Dua classification [88]. All stages were

analyzed except for stage I (all included patients had diagnosed limbal ischemia) and stage VI (no patients in this stage were included).

Inclusion criteria for participants in the control group:

1. Visitors of the Republican Vilnius University Hospital randomly selected (signed informed consent form).
2. Age ≥ 18 years.
3. No diagnosed or existing glaucoma.
4. No ocular diseases, except minor refractive errors (hyperopia $\leq +2.00$ D, myopia ≤ -3.00 D, astigmatism ≤ 1.00 D).

Exclusion criteria for participants in the control group:

1. Refusal to participate.
2. Age < 18 years.
3. Allergy or increased sensitivity to topical anesthetics or mydriatics.
4. History of glaucoma or glaucoma diagnosed during the study.
5. Previous orbital or ocular trauma.
6. Any anterior and/or posterior segment eye diseases that could affect study outcomes.
7. Any systemic or infectious diseases (e.g., uncontrolled diabetes mellitus, Alzheimer's disease, autoimmune disorders, etc.).

Generally, the right eye was used for analysis; if it was unsuitable, the left eye was used instead. The limits for refractive errors were defined based on previous studies: low-degree refractive errors were classified as hyperopia up to $+2.00$ D, myopia up to -3.00 D, and astigmatism up to 1.00 D [111,112].

Ophthalmological examination

Patients who visited the Republican Vilnius University Hospital and met the study inclusion criteria were invited to participate. All participants underwent a comprehensive ophthalmological examination of both eyes.

1. Best-Corrected Visual Acuity (BCVA). Visual acuity at a distance was measured for all participants using the Snellen method with optimal optical correction (BCVA). Visual acuity was assessed at a distance of 5 meters using a screen-based Snellen optotype chart. The chart determined how well the patient could see at 5 m without correction, with their habitual correction, and with the best-correcting lens. Normal visual acuity according to Snellen is 1.0. Uncorrected and corrected visual acuity at distance was assessed separately for each eye.
2. Ocular Surface pH Measurement. In the acute phase, ocular surface pH was measured in the burn group using universal indicator paper (pH 1–14)

with a color scale. The strip was briefly applied to the lower conjunctival sac, avoiding direct contact with the corneal epithelium. The resulting color was compared to a standard pH chart to determine the approximate pH (Figure 6). Measurements were performed following recommendations from the literature [55,113].

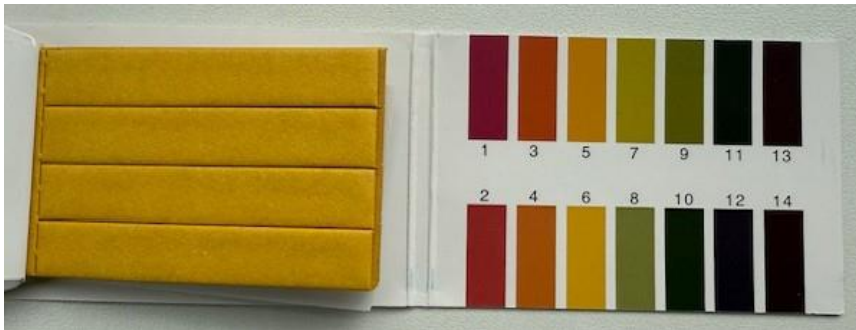


Figure 6. **Ocular surface pH measurement using universal indicator paper.**

3. Autorefractometry. Objective refraction in diopters was measured using the Topcon TRK-2P autorefractometer (Topcon Corporation, Tokyo, Japan). To minimize random errors at least three separate measurements were performed for each eye. The refractive error such as myopia, hyperopia, or astigmatism was recorded as the average of these measurements.
4. Pachymetry. Central corneal thickness (CCT) was measured automatically using the Topcon TRK-2P pachymeter. Patients were asked to fixate on the device target while the instrument automatically measured the thickness in the centre of the cornea. Three consecutive measurements were performed for each eye and the final CCT value was calculated as the arithmetic mean (μm).
5. Ophthalmotonometry. Intraocular pressure (IOP) was measured using non-contact air-puff tonometry with the Topcon TRK-2P analyzer. To ensure accuracy, the device automatically adjusts IOP values based on corneal hysteresis and biomechanical stiffness. Three measurements were taken for each eye, and the final IOP was calculated as the arithmetic mean. IOP was expressed in mm Hg; elevated IOP was defined as >21 mm Hg [114]. The non-contact method was chosen because corneal damage is common in the burn group and contact methods could cause discomfort or tissue trauma.
6. Biomicroscopy. Anterior segment examination was performed using a standard slit-lamp biomicroscope (SL 115 Classic, Carl Zeiss Meditec AG, Germany, 2017). The anterior segment was evaluated for changes that

could confound results (e.g., corneal opacity, pterygium, inflammation, congenital anomalies, advanced cataract). Only eyes with suitable anterior segment structures allowing reliable further examination were included.

7. Ophthalmoscopy. Fundus examination was performed using a slit lamp (SL 115 Classic, Carl Zeiss Meditec AG, Germany, 2017) and a 90 D lens (Volk, USA) held at a distance from the corneal surface. The morphology of the optic nerve head (excavation size, disc margin clarity, signs of glaucoma or optic atrophy), the macular region (absence of pathological changes, epiretinal membranes, age-related macular degeneration signs—drusen, choroidal neovascularization or atrophy), and the peripheral retina were evaluated to identify possible degenerations or tears. Only eyes with fundus images sufficient to reliably assess posterior segment structures were included.
8. Gonioscopy. Anterior chamber angle was assessed using a three-mirror Goldman gonioscopic lens (Volk, USA) under standard slit-lamp conditions. The angle structures and width (open/closed) were evaluated according to the Shaffer scale [115].
9. Visual Field Testing. Visual field was assessed using computerized perimetry (24-2 SITA-Fast strategy, Humphrey HFA3, Zeiss). Tests were considered unreliable if fixation errors exceeded 20% or if false-positive or false-negative errors exceeded 33%. The analyzed data included mean deviation (MD), pattern standard deviation (PSD), and the visual function index.
10. Optical Coherence Tomography (OCT). Posterior segment structural assessment was performed using the DRI-OCT Triton device (Topcon Corporation, Tokyo, Japan; version 1.31.17967). Participants were instructed to fixate on a target to minimize eye movement artifacts. Only images meeting quality criteria (central fixation and Image Quality Value ≥ 50) were included [117,118]. Images with motion artifacts, poor centration, or segmentation errors were excluded. All OCT examinations were performed by the same experienced specialist to ensure reproducibility. Follow-up assessments were performed 3 months after injury and, if necessary, at 6 months. Optic nerve head parameters were presented in a color-coded scale relative to the normative database. Automatically generated metrics included average retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness, neuroretinal rim area, disc area, horizontal and vertical cup-to-disc ratios (CDR), and cup volume. Quadrant-wise RNFL thicknesses were illustrated as superior (S), temporal (T), inferior (I), and nasal (N). Color coding: green = 5–95% of normal, yellow = 1–5%, red <1% (Figure 7).

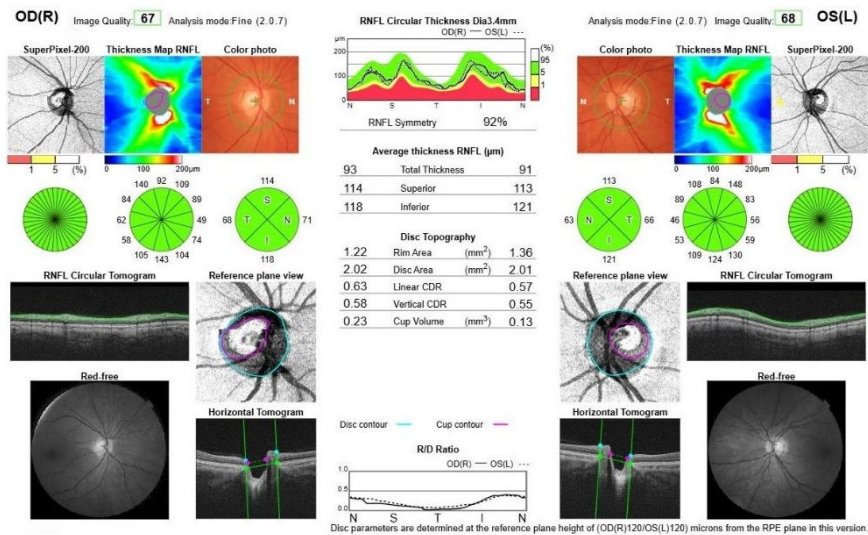


Figure 7. Optic nerve head analysis using DRI-OCT Triton.

Macular structural analysis automatically provided layer thickness values (RNFL, GCL+ complex, GCL++ complex). Results were color-coded relative to the normative database: green = 5–95%, yellow = 1–5%, red <1%. Mean thickness values were calculated for superior and inferior quadrants and overall average (Figure 8).

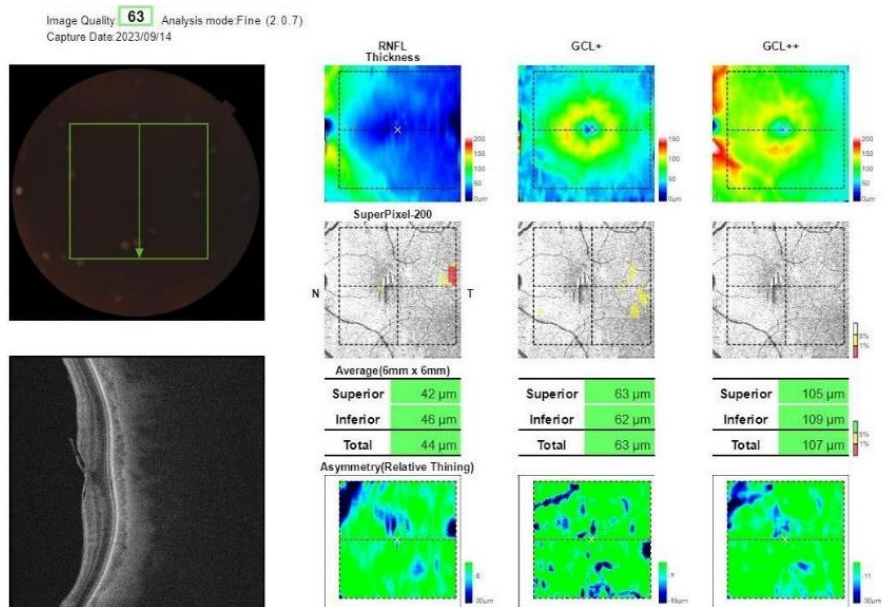


Figure 8. Macular structural layer analysis using DRI-OCT Triton.

General Health Assessment

1. Blood Pressure (BP) and Heart Rate Measurements. BP was measured after the participant rested for approximately 5 minutes using a digital automatic sphygmomanometer. Heart rate was also assessed with the same device. Measurements were recorded to the nearest 1.0 mm Hg.
2. Ocular Perfusion Pressure (OPP) Calculation. OPP was defined as the difference between arterial and venous ocular perfusion pressures. Venous pressure was approximated as equal to intraocular pressure (IOP). OPP was calculated using the formula: $OPP = 2/3 \text{ mean BP} - IOP$, where $\text{mean BP} = \text{diastolic BP} + 1/3 (\text{systolic BP} - \text{diastolic BP})$ [119].

Statistical analysis

Participant data were anonymized, assigning a unique code for each participant. Anonymized data were collected using standardized study forms and transferred to an electronic database using Microsoft® Excel (Microsoft Corp., Redmond, USA). Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 27.0 (IBM Corp., Armonk, USA). The data were checked for normal distribution using the Shapiro–Wilk and Kolmogorov–Smirnov tests. To analyze relationships for normally distributed quantitative variables, Pearson’s correlation coefficient was used. For non-normally distributed data Spearman’s rank correlation was applied. To compare two independent groups, Student’s *t*-test was used when data were normally distributed, and the Mann–Whitney *U* test was applied to non-normally distributed data. Wilcoxon signed-rank test was used for comparisons between two dependent samples. Relationships between categorical variables were assessed using the Chi-square test of independence. Binary logistic regression analysis was performed to predict RNFL and GCL thinning. A *p*-value < 0.05 was considered statistically significant. To account for multiple comparisons, the Bonferroni correction was applied, and adjusted *p*-values were reported.

POPULATION SURVEY

The main goal of the study was to assess the public’s knowledge of the causes, symptoms, and first aid for chemical eye injuries in Lithuania. After a comprehensive literature review [89,120–123], the most frequently recurring questions were included in the survey. Information on respondents’ age, sex, education, as well as their knowledge and experience related to chemical eye burns was collected through the anonymous questionnaire between April and May 2024. A pilot survey with a limited number of participants (*n* = 20) was conducted, omitting the obtained data from the final results.

The questionnaire was presented in two formats: online and paper-based. The online version on Google Forms recruited participants through snowball sampling on social media. Consent was considered given when respondents clicked the “Go to Survey” button. The paper version was distributed at the Republican Vilnius University Hospital among staff and visitors. In this case consent was considered given when participants agreed to complete the questionnaire.

Knowledge of chemical eye injuries was evaluated using six questions addressing general information about alkali and acid substances and the immediate management protocols of eye burns. Participants scored 1 point for each correct answer, while incorrect or “don’t know” responses were scored 0. A maximum total score of 6 points could be obtained. Knowledge levels were classified using modified Bloom’s criteria [124–126]: 5–6 points (80–100%) reflected “good knowledge”, 3–4 points (50–79%) represented “moderate knowledge”, while less than 3 points (<50%) reflected “poor knowledge”. A total of 385 individuals completed the survey. 273 responded using the paper version and 112 completed the online questionnaire.

Sample size determination

The sample size was calculated using standard formulas for proportion-based surveys (Cochran, 1977; Paniotto, 1984).

The classical Cochran formula (Cochran, 1977) [127,128]:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2},$$

where:

- Z – standard normal deviate for the desired confidence level (Z = 1.96 for 95% confidence),
- p – estimated proportion of the attribute present in the population (0.5 if unknown),
- e – acceptable margin of error.

Using this formula, the calculated sample size to ensure that survey results are representative is $n \approx 384$.

A similar result is obtained using Paniotto’s formula [129], which includes a finite population correction:

$$n = \frac{t^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\Delta^2 \cdot (N - 1) + t^2 \cdot p \cdot q},$$

where:

- n – required sample size,
- N – total population size,

- t – standard normal deviate for the chosen confidence level (e.g., 95% $\rightarrow t = 1.96$),
- p – estimated proportion of the attribute in the population (0.5 if unknown),
- $q = 1 - p$ – proportion without the attribute,
- Δ – allowable margin of error (e.g., ± 0.05).

Considering the total population of Lithuania ($N \approx 2.8$ million), the difference between Cochran and Paniotto methods is negligible. Therefore, a sample size ≥ 385 respondents is considered sufficient to ensure a 95% confidence level with a $\pm 5\%$ margin of error.

The questionnaire form is provided in the appendices.

Statistical analysis

Each participant was assigned a unique identification code to anonymize their data. Responses were entered into the database using Microsoft® Excel (Microsoft Corp., Redmond, USA). Statistical analysis was conducted with IBM SPSS Statistics 27.0 (IBM Corp., Armonk, USA). The overall distribution of variables was presented in frequency tables. Qualitative variables were described using absolute numbers and percentages.

Associations between categorical variables were examined using cross-tabulations, with the Chi-square test of independence. Fisher's exact test was used for 2×2 tables, while the Z-test with Bonferroni correction was applied when appropriate. A p -value of < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS

CLINICAL STUDY

The study included 53 patients, of whom 56.6% were female and 43.4% male; the mean age was 41.84 ± 14.65 years. Most patients (81.1%) were not hospitalized. The mean duration of hospitalization among those admitted was 5.10 ± 2.38 days. The average time from injury to presentation at the emergency department was 5.74 hours (range: 0.25–48). Occupational characteristics showed that nearly half of the participants were manual workers (49.1%). Injuries most frequently occurred in spring (39.6%) and autumn (32.1%), with the majority happening at home (81.1%) and less often at the workplace (18.9%). Before arriving at the medical facility, 90.6% of patients performed eye irrigation. Unilateral injuries accounted for 79.2%, while bilateral injuries comprised 20.8%. The most common causative agents were alkalis (58.5%), followed by acids (37.7%), and in 3.8% of cases, the chemical origin was unknown. During the acute treatment phase, almost all

patients (98.1%) received topical glucocorticoids and antibiotic eye drops, one-third were prescribed oral vitamin C (37.7%), and one-fifth received doxycycline (18.9%) (Table 6).

Table 6. Demographic and clinical characteristics of respondents, chemical burn group

Respondent characteristics	n	%
Sex		
Male	23	43.4
Female	30	56.6
Age (years), mean $\pm$ SD	41.84 $\pm$ 14.65	
Hospitalization		
Hospitalized	10	18.9
Not hospitalized	43	81.1
Hospitalization duration (days), mean $\pm$ SD	5.10 $\pm$ 2.38	
Time from injury to ED presentation (hours), mean (min–max)	5.74 (0.25–48)	
Occupation		
Administrative worker	11	20.8
Farmer	2	3.8
Manual worker	26	49.1
Self-employed	10	18.8
Other	4	7.5
Initial BCVA, mean $\pm$ SD	0.53 $\pm$ 0.25	
Final BCVA, mean $\pm$ SD	0.94 $\pm$ 0.13	
IOP, mm Hg, mean $\pm$ SD	16.25 $\pm$ 3.16	
Central corneal thickness, μ m, mean $\pm$ SD	546.9 $\pm$ 36.46	
Season of injury		
Summer	8	15.1
Autumn	17	32.1
Winter	7	13.2
Spring	21	39.6
Place of injury		
Home	43	81.1
Workplace	10	18.9
Eye irrigation before ED arrival		
Performed	48	90.6
Not performed	5	9.4
Type of injury		
Unilateral	42	79.2
Bilateral	11	20.8
Chemical agent		
Alkali	31	58.5

Acid	20	37.7
Unknown	2	3.8
Acute chemical burn treatment		
Oral doxycycline	10	18.9
Oral vitamin C	20	37.7
Topical glucocorticoids	52	98.1
Topical antibiotics	52	98.1
Therapeutic contact lens	5	9.4
Pulse, beats/min, mean $\pm$ SD	71.57 $\pm$ 9.31	
Systolic BP, mmHg, mean $\pm$ SD	134.98 $\pm$ 11.19	
Diastolic BP, mmHg, mean $\pm$ SD	71.28 $\pm$ 8.21	
OPP, mmHg, mean $\pm$ SD	76.27 $\pm$ 8.48	

Abbreviations: BP – blood pressure; OPP – ocular perfusion pressure; n – number of participants; % – percentage; BCVA – best-corrected visual acuity; IOP – intraocular pressure; SD – standard deviation; ED – emergency department.

According to the Dua classification, low-grade injuries predominated (Figure 9). Chemical eye burns were most frequently observed in the 30–39 year age group (n = 22), with grade II injuries being the most common (n = 12). In the second most affected age group, 20–29 years (n = 13), grade II burns also predominated (n = 9). In older age groups (50–59, 60–69, and ≥ 70 years), the frequency of injuries decreased; however, higher-grade injuries (grades III–V) were more prevalent.

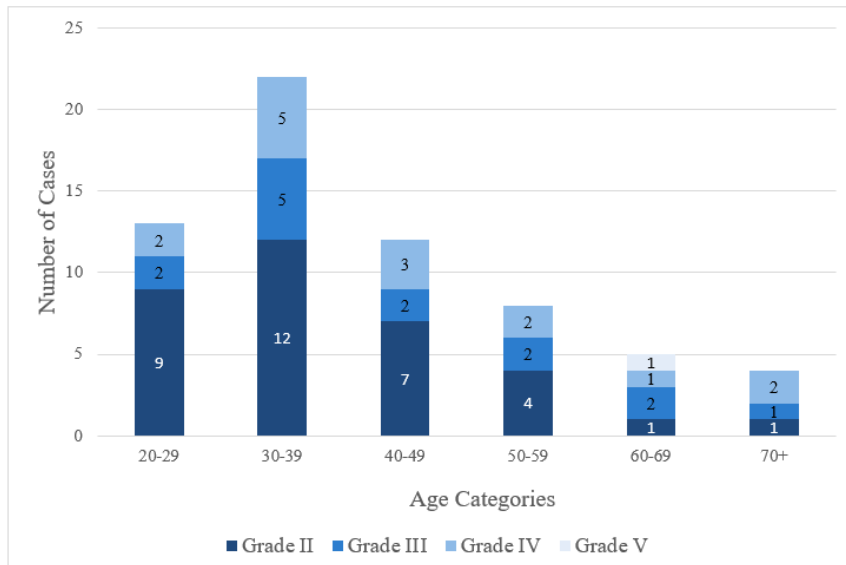


Figure 9. Distribution of participants by age categories and severity grade of chemical eye burns

The distribution of sex and age did not differ significantly between the two groups ($p = 0.805$ and $p = 0.062$, respectively). Regarding RNFL thickness, a significant difference was observed only in the nasal quadrant – in the burn group, this layer was thinner ($77.59 \pm 10.97 \mu\text{m}$) compared to the control group mean ($82.08 \pm 11.02 \mu\text{m}$; $p = 0.014$). However, after Bonferroni correction, the difference lost statistical significance ($p = 0.056$). No significant differences were found between the groups for other RNFL segments (overall, superior, inferior, temporal) or GLS++ parameters ($p > 0.05$). A trend toward lower RNFL and GLS++ values in the burn group was observed, but the difference did not reach statistical significance (Table 7).

Table 7. Comparison of OCT parameters between the control and burn groups (mean $\pm$ SD; μm)

Parameter	Control group (n = 87, eyes = 87)	Burn group (n = 53, eyes = 64)	p-value
Sex			
Male	41 (47.1%)	23 (43.4%)	$\chi^2 = 0.061$, $p = 0.805$
Female	46 (52.9%)	30 (56.6%)	
Age (years)	45.49 ± 13.35 (21–87)	41.84 ± 14.65 (21–84)	$z = -1.867$, $p = 0.062$
RNFL total (μm)	103.34 ± 7.81 (85–130)	102.20 ± 8.87 (78–123)	$t = -0.838$, $p = 0.404$
RNFL superior quadrant (μm)	125.47 ± 12.41 (96–153)	124.94 ± 14.21 (78–159)	$t = -0.245$, $p = 0.806$
RNFL nasal quadrant (μm)	82.08 ± 11.02 (59–104)	77.59 ± 10.97 (57–107)	$t = -2.477$, $p = 0.014$ *0,056
RNFL inferior quadrant (μm)	134.59 ± 12.66 (104–173)	132.55 ± 14.34 (100–159)	$t = -0.925$, $p = 0.357$
RNFL temporal quadrant (μm)	75.33 ± 12.37 (56–108)	72.33 ± 10.50 (52–97)	$t = -1.571$, $p = 0.118$
GLS++ total (μm)	105.03 ± 6.34 (91–126)	104.06 ± 8.14 (87–122)	$t = -0.825$, $p = 0.411$
GLS++ superior quadrant (μm)	104.01 ± 6.47 (91–123)	102.94 ± 8.14 (84–118)	$t = -0.903$, $p = 0.368$
GLS++ inferior quadrant (μm)	105.89 ± 6.63 (92–129)	105.12 ± 8.58 (89–125)	$t = -0.614$, $p = 0.540$

Abbreviations: RNFL – retinal nerve fiber layer; GLS++ – ganglion cells layer; SD – standard deviation. *Adjusted p-value according to Bonferroni correction.

In the burn group, the median horizontal cup-to-disc ratio was 0.56 (range: 0.00–0.80), and the median vertical ratio was 0.55 (range: 0.00–0.78). No statistically significant difference was observed ($z = -0.821$, $p = 0.412$).

In the burn group, significant inter-eye asymmetry in TNSS and GLS++ was observed in 31.3% of cases. After six months, a decrease in TNSS was noted across all quadrants, most pronounced in the inferior quadrant ($-4.38 \mu\text{m}$), although this change was not statistically significant. Changes in GLS++ values were minimal and also did not reach statistical significance (Table 8).

Table 8. OCT parameters at 3 and 6 months in the burn group (mean $\pm$ SD, μm)

OCT parameters	3 months	6 months	P value
Total RNFL (μm)	98.11 ± 10.17	96.22 ± 8.33	$t = 1.681$, $p = 0.131$
Superior quadrant RNFL (μm)	121.11 ± 13.89	119.89 ± 11.51	$t = 0.753$, $p = 0.473$
Nasal quadrant RNFL (μm)	76.33 ± 13.14	73.44 ± 9.54	$t = 1.702$, $p = 0.127$
Inferior quadrant RNFL (μm)	126.78 ± 15.18	122.40 ± 14.99	$t = 2.102$, $p = 0.069$
Temporal quadrant RNFL (μm)	67.78 ± 8.91	68.67 ± 8.20	$t = -1.018$, $p = 0.338$
Total GCL++ (μm)	101.56 ± 5.56	101.44 ± 4.12	$t = 0.286$, $p = 0.782$
Superior quadrant GCL++ (μm)	100.33 ± 4.89	99.78 ± 4.06	$t = 0.743$, $p = 0.479$
Inferior quadrant GCL++ (μm)	102.78 ± 5.17	102.33 ± 4.21	$t = 0.645$, $p = 0.537$

Abbreviations: RNFL – retinal nerve fiber layer; GCL++ – ganglion cells layer complex; SD – standard deviation.

Logistic regression analysis showed that a higher Dua grade was an independent prognostic factor for RNFL thinning ($p = 0.037$) (Table 9). No significant associations were found between GCL++ thinning and the studied factors, although age showed the lowest p-value ($p = 0.085$) (Table 10).

Table 9. **Logistic regression analysis: risk factors associated with RNFL thinning**

Characteristics	Odds Ratio (OR)	95% Confidence Interval (CI)	P value
Demographic and clinical characteristics			
Sex			0.285
Age			0.595
Eye irrigation before ED admission (performed / not performed)			0.786
Causative agent (acid / alkali)			0.813
Dua grade (I–VI)	4.816	1.103–21.030	0.037

Abbreviations: RNFL – retinal nerve fiber layer; CI – confidence interval; ED – emergency department.

Table 10. **Logistic regression analysis: risk factors associated with GCL thinning**

Characteristics	Odds Ratio (OR)	95% Confidence Interval (CI)	P value
Demographic and clinical characteristics			
Sex			0.488
Age			0.085
Eye irrigation before ED admission (performed / not performed)			0.581
Causative agent (acid / alkali)			0.186
Dua grade (I–VI)			0.280

Abbreviations: GCL – ganglion cell layer; CI – confidence interval; ED – emergency department.

It was found that burn severity had a significant impact on RNFL thinning (logistic regression analysis). Patients with severe burns (Dua ≥ 3) had statistically significantly lower RNFL thickness in all quadrants, most pronounced in the nasal quadrant ($-6.35 \mu\text{m}$; $p = 0.007$; Bonferroni-adjusted $p = 0.035$) (Table 11).

Table 11. **Comparison of OCT parameters between the control group and patients with $\geq$ III degree burns**

OCT parameters	Control group (n = 87)	Burns group (Dua $\geq$ III, n = 30)	P value
RNFL total (μm)	103.34 $\pm$ 7.81 (85–130)	100.17 $\pm$ 9.57 (78–121)	t = -1.811, p = 0.073

RNFL superior quadrant (μm)	125.47 $\pm$ 12.41 (96–153)	120.20 $\pm$ 16.49 (78–159)	t = -1.836, p = 0.069
RNFL nasal quadrant (μm)	82.08 $\pm$ 11.02 (59–104)	75.73 $\pm$ 10.88 (57–107)	t = -2.729, p = 0.007, *0.035
RNFL inferior quadrant (μm)	134.59 $\pm$ 12.66 (104–173)	129.53 $\pm$ 15.54 (100–156)	t = -1.775, p = 0.078
RNFL temporal quadrant (μm)	75.33 $\pm$ 12.37 (56–108)	72.20 $\pm$ 10.47 (52–95)	t = -1.241, p = 0.217

Abbreviations: RNFL – retinal nerve fiber layer; SD – standard deviation.

*Bonferroni-adjusted p value.

POPULATION SURVEY

A total of 385 respondents participated in the study, with ages ranging from 18 to 87 years (mean: 39.86 $\pm$ 14.59 years). The majority were women (65.2%). Nearly half of the participants had a higher university education (48.3%). Notably, 38.4% reported having personally experienced a chemical eye injury, while another 24.2% knew someone who had experienced such an incident (Table 12).

Table 12. **Respondents' Demographic Characteristics**

Characteristic	n	%
Age (years)	39.86 ± 14.59	
Women	39.62 ± 14.72	
Men	40.31 ± 14.38	
Sex		
Women	251	65.2
Men	134	34.8
Education		
Secondary	69	17.9
Vocational	55	14.3
Higher non-university	75	19.5
Higher university	186	48.3
Social status		
Employed	301	78.2
Unemployed	6	1.6
Student	67	17.4
Senior	11	2.9
Experience of chemical eye injury		
Personally experienced	148	38.4

Experienced by close person	93	24.2
Not experienced	144	37.4
Experience in treating chemical eye injuries		
Has experience	140	36.4
No experience	245	63.6

Abbreviations: n – number of respondents; % – percentage of respondents; age data presented as mean $\pm$ standard deviation.

Almost half of the respondents (48.8%) indicated that alkaline burns are more dangerous than acid burns, while 28.8% had no knowledge on this matter. Most commonly, respondents identified alkalis (32.7%) and acids (22.9%) as the substances causing chemical eye burns in the home environment, while 23.6% considered both types equally likely; 20.8% reported not knowing. The majority of respondents (86.8%) correctly chose copious eye irrigation with water as the first aid measure after a chemical burn. Regarding physicians' actions when a patient arrives at a healthcare facility after a chemical injury, the most frequently chosen response was urgent initiation of treatment (35.3%), followed by taking the patient's medical history (24.2%). When asked whether first aid depends on the nature of the injuring substance, almost half of the respondents (47.3%) answered affirmatively. When evaluating the most appropriate fluid for chemical eye injuries in a healthcare setting, the largest proportion of respondents (43.1%) indicated 0.9% sodium chloride solution, and 22.6% – any non-hazardous fluid (Table 13).

Table 13. **Distribution of respondents' answers by question**

Question	Response	n	%
Opinion on the danger of alkaline vs. acid burns	Alkaline more dangerous	188	48.8
	Acid more dangerous	86	22.3
	No opinion / don't know	111	28.8
Most common causes of chemical burns at home	Acids	88	22.9
	Alkalis	126	32.7
	Acids and alkalis equally common	91	23.6
	No opinion / don't know	80	20.8
First action after chemical eye burn	Copious eye irrigation with water	334	86.8
	Rinse with a small amount of water	3	0.8
	Seek emergency care	47	12.2

	Instill artificial tears	1	0.3
Initial actions by physicians upon patient arrival	Take medical history	93	24.2
	Trauma assessment	52	13.5
	Initial eye examination	58	15.1
	Urgent initiation of treatment	136	35.3
	No opinion / don't know	46	11.9
Dependence of first aid on the nature of the chemical substance	Depends	182	47.3
	Does not depend	138	35.8
	No opinion / don't know	65	16.9
Preferred eye irrigation fluid in a healthcare facility	0.9% NaCl solution	166	43.1
	Tap water	116	30.1
	Any non-hazardous fluid	87	22.6
	Other	16	4.2

Abbreviations: n – number of respondents; % – percentage of respondents.

Respondents were asked to identify the earliest sign of a chemical eye injury. More than half of the respondents (52.7%) indicated a burning sensation in the eyes as the first symptom. Slightly less than a quarter (23.1%) reported pain, and one-fifth (21.0%) indicated eye redness. Only a small proportion of respondents (3.1%) stated that they did not know which symptom appears first.

The respondents' knowledge level was assessed according to modified Bloom's cutoff criteria: high, medium, and low. The results showed that more than half of the participants (50.9%) had a low knowledge level, 40.8% had a medium level, and only 8.3% had a high level.

Table 14 presents the respondents' knowledge of chemical eye injuries according to their demographic data and personal experience. No significant differences were observed by gender – the majority of both female and male respondents had a medium or low knowledge level ($p = 0.933$). When assessing the impact of education, a statistically significant difference was found: respondents with higher university education were more likely to have a high knowledge level (11.3%), although most of them still fell into the low-level group (55.9%) ($p = 0.004$). Personal experience with chemical eye injuries, experience in treating such injuries, and profession (healthcare professionals vs. other fields) did not have a significant impact on knowledge level ($p = 0.581$; $p = 0.112$; $p = 0.810$, respectively).

Table 14. Respondents' knowledge of chemical eye injuries according to demographic data and personal experience

Variable	Knowledge level, % (n)	High	Medium	Low
Gender	Female	8.0 (20)	40.6 (102)	51.4 (129)
	Male	9.0 (12)	41.0 (55)	40.0 (67)
$\chi^2 = 0.139, p = 0.933$				
Education	Higher university	11.3 (21)	32.8 (61)	55.9 (104)
	Other	5.5 (11)	48.2 (96)	46.2 (92)
$\chi^2 = 11.236, p = 0.004$				
Personal experience with chemical eye injury	Yes	8.3 (20)	42.7 (103)	49.0 (118)
	No	8.3 (12)	37.5 (54)	54.2 (78)
$\chi^2 = 1.086, p = 0.581$				
Experience in treating chemical eye injuries	Yes	12.1 (17)	37.9 (53)	50.0 (70)
	No	6.1 (15)	42.4 (104)	51.4 (126)
$\chi^2 = 4.381, p = 0.112$				
Profession	Healthcare professionals	7.9 (5)	44.4 (28)	47.6 (30)
	Others	8.4 (27)	40.1 (129)	51.6 (166)
$\chi^2 = 0.421, p = 0.810$				

Abbreviations: n – number of respondents; % – percentage of respondents.

CONCLUSIONS

1. Chemical eye injuries most commonly occur in the household, particularly during spring and autumn, with alkalis being the predominant causative agent. Most patients delayed seeking medical attention. According to the Dua classification, low-grade injuries predominated, while higher-grade burns were more frequently observed in older patients. A higher Dua grade was identified as an independent prognostic factor for thinning of the retinal nerve fiber layer.
2. The retinal nerve fiber layer and ganglion cell layer parameters in patients after chemical burns were lower than in the control group. A decreasing trend of both parameters in the burns group was observed over a 3–6 month follow-up period.
3. The knowledge level of Lithuanian residents regarding chemical eye injuries was insufficient – more than half of the respondents demonstrated a low level of knowledge. Although most correctly identified proper first aid (eye irrigation with water), nearly half incorrectly believed that the type of first aid depends on the chemical substance involved. Better knowledge was observed among respondents with higher university education, however more than half showed a low level of knowledge. Gender, personal experience, and profession had no significant influence.
4. There is a need to enhance public education on emergency first aid for chemical eye injuries, highlighting that eye irrigation should be performed regardless of the type of chemical involved. It is also important to promote the consistent use of protective equipment, both in occupational settings and at home.

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju savo moksliniam vadovui prof. dr. Pranui Šerpyčiui už vertingas pastabas, dalykinį tikslumą ir nuoseklų palaikymą viso darbo rengimo metu. Dėkoju Respublikinės Vilniaus universitetinės ligoninės Skubiosios pagalbos skyriaus komandai, vadovui Pauliui Uksui, už sukurta puikią darbo atmosferą ir pagalbą. Taip pat nuoširdžiai dėkoju Akių ligų skyriaus kolektyvui – už geranoriškumą, bendradarbiavimą ir padaršimus, kai jų labiausiai reikėjo, o skyriaus vedėjai Jūratei Sveikatienei – už tikėjimą, vertingas pamokas ir patarimus.

Esu dėkinga straipsnių bendraautorėms Martynai Sveikataitei ir Justinai Olechnovič už idėjas, kūrybiškumą ir partnerystę. Už nuoširdžią pagalbą bei neoficialią recenziją dėkoju kolegėms Justinai Olechnovič ir Eglei Skarupskienei. Ačiū Adui Meškėnui – už konstruktyvią kritiką, kuri kartais erzino, bet visada vedė į priekį, už palaikymą ir pagalbą, padėjusią užbaigti šį darbą.

Didžiausią padėką skiriu savo šeimai ir draugams– už kantrybę, supratimą ir už tai, kad ištverėte metus, kai mano mėgstamiausia tema buvo tinklainė.

PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

Straipsnių *Clarivate Analytics Web of Science* (CA WoS) duomenų bazės leidiniuose, kuriuose buvo paskelbti disertacijos tyrimų rezultatai, sąrašas:

1. Skruodyte J, Sveikataite M, Sveikatiene J, Serpytis P. Public awareness of ocular chemical injuries: a cross-sectional study in Lithuania. *Clinics and Practice* 2025; 15(2): 35. DOI: 10.3390/clinpract15020035.
2. Skruodyte J, Olechnovic J, Serpytis P. Changes in retinal nerve fiber and ganglion cell layers after chemical injury: a prospective study. *Journal of Clinical Medicine* 2025; 14(15): 5601. DOI: 10.3390/jcm14155601.

Mokslinių konferencijų, kuriose buvo paskelbti disertacijos tyrimų rezultatai, sąrašas:

1. Skruodyte J. Types of eye trauma. Recognizing and first aid treatment for eye injuries. 7th Meeting on Acute Cardiac Care and Emergency Medicine, 2021. Žodinis pranešimas.
2. Skruodytė J. Akių traumos, pagalba suaugusiems ir vaikams Skubios pagalbos skyriuje. Skubioji medicinos pagalba vaikams ir suaugusiems: kritinės būklės, 2022. Žodinis pranešimas.
3. Projektas „Vilniaus universiteto gydytojų kompetencijų ir kvalifikacijos tobulinimas“. Mokymų programa „Asmenų, patyrusių dauginius kūno sužalojimus, pirmoji medicininė pagalba ir gydymas“ (skirta visų specialybių gydytojams). Skruodytė J. Akių traumos. Paskaita (0,5 akad. val.). 2022.
4. Skruodytė J. Ką daryti patyrus akies traumą? Pirmoji pagalba. Šeimos medicinos aktualijos; 2023. Žodinis pranešimas.
5. Skruodytė J. Akių traumos. Ūminių koronarinių sindromų ir skubios medicinos naujienos; 2024. Žodinis pranešimas.
6. Skruodyte J. Eye injuries after chemical burns, secondary glaucoma, characteristics and future perspectives. International Conference Evolutionary Medicine, 2024. Elektroninis pranešimas.
7. Skruodyte J. Explosive eye injuries: characteristics traumatic mechanisms and prognostic factors. Scientific Methods and Practices in Mass Disaster Medicine, 2024. Žodinis pranešimas.
8. Skruodyte J, Sveikataite M, Sveikatiene J, Serpytis P. Public awareness of ocular chemical injuries: a cross-sectional study in Lithuania. 9th International Meeting on Acute Cardiac Care and Emergency Medicine, 2025. Stendinis pranešimas.

GYVENIMO APRAŠYMAS

Vardas, pavardė	Justina Skruodytė	
Išsilavinimas		
Metai	Institucija	
2021 – dabar	Doktorantūros studijos – Vilniaus universitetas, Vilnius	
2015 – 2018	Oftalmologijos rezidentūra – Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Kaunas	
2014 – 2015	Internatūra – VšĮ Šiaulių Respublikinė ligoninė, Šiauliai	
2009 – 2015	Medicina (magistro laipsnis) – Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Kaunas	
Darbo patirtis		
Darbovietė	Pareigos	Laikotarpis
VšĮ Respublikinė Vilniaus universitetinė ligoninė, Akių ligų skyrius	Gydytojas oftalmologas	2020 – dabar
SK Impeks medicinos diagnostikos centras, Oftalmologijos centras	Gydytojas oftalmologas	2019 – 2023
VšĮ Karoliniškių poliklinika, Konsultacijų skyrius	Gydytojas oftalmologas	2019 – 2020
VšĮ Šiaulių Respublikinė ligoninė, Akių ligų skyrius	Gydytojas oftalmologas	2018 – 2019

Svarbiausios publikacijos	
Metai	Darbo pavadinimas ir aprašymas
2025	Public Awareness of Ocular Chemical Injuries: A Cross-Sectional Study in Lithuania. Clinics and Practice. 2025; 15(2):35. doi: 10.3390/clinpract15020035.
2025	Changes in Retinal Nerve Fiber and Ganglion Cell Layers After Chemical Injury: A Prospective Study. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(15):5601. doi: 10.3390/jcm14155601.
2021	Glaukoma po cheminių akių nudegimų. Sveikatos mokslai / Health Sciences in Eastern Europe. 2021; 31(3):120–124
2021	Atviro tipo akių traumos: charakteristikos ir prognostiniai veiksniai. Sveikatos mokslai / Health Sciences in Eastern Europe. 2021; 31(3):190–193.
2020	Determination of referential rates for optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography flow deficits in the macular choriocapillaris in ophthalmologically healthy children. Medicina. 2020. doi: 10.3390/medicina56050238
2016	Toksinė optinė neuropatija. Lietuvos oftalmologija. 2016; 15(2):30–32.
2015	Amžinė geltonosios dėmės degeneracija: koreguojami ir nekoreguojami rizikos veiksniai. Lietuvos bendrosios praktikos gydytojas. 2015; 19(8):514–518.
Kvalifikacijos tobulinimas	
Laikotarpis	Institucija
2025	Complications of Cataract, Barselona, Ispanija.
2023	Trauma Cataract Surgical Training, MN Eye Hospital, Čenajus, Indija.
2022	10th Balkan Ophthalmic Wetlab Course, Sofija, Bulgarija.
2021	39th Congress of the ESCRS, Amsterdamas, Nyderlandai.

2019	Hospitation in Praxisklinik Augenärzte am Markt in Halle, Halė, Vokietija.
2019	XXXIV Congress of the European Society of Cataract & Refractive Surgeons, Kopenhaga, Danija.
2017	13th LOEC Cataract Course, Praha, Ĉekija.
2017	11th EGS European Glaucoma Resident's Course, Maincas, Vokietija.
Dalyvavimas projektuose	
Laikotarpis	Projekto aprašymas
2022	Projektas "Vilniaus universiteto gydytojų kompetencijų ir kvalifikacijos tobulinimas ". Mokymų programa „Asmenų, patyrusių dauginius kūno sužalojimus, pirmoji medicininė pagalba ir gydymas“ (skirta visų specialybių gydytojams). Skruodytė J. „Akių traumos“. Paskaita. (0,5 akad. val.).
Svarbiausi pranešimai konferencijose	
Data	Konferencijos ir pranešimo pavadinimas
2021	7th Meeting on Acute Cardiac Care and Emergency Medicine, „Types of eye trauma”.
2022	Skubioji medicinos pagalba vaikams ir suaugusiems: kritinės būklės, "Akių traumos, pagalba suaugusiems ir vaikams Skubios pagalbos skyriuje”.
2023	Šeimos medicinos aktualijos, „Ką daryti patyrus akies traumą. Pirmoji pagalba“.
2024	International Conference Evolutionary Medicine e-poster „Eye injuries after chemical burns, secondary glaucoma, characteristics and future perspectives“.
2024	Scientific Methods and Practices in Mass Disaster Medicine“ pranešimas „Explosive eye injuries: characteristics traumatic mechanisms and prognostic factors“.
2025	9th International Meeting on Acute Cardiac Care and Emergency Medicine, "Public Awareness of Ocular Chemical Injuries: A Cross-Sectional Study in Lithuania”.

Vilniaus universiteto leidykla
Saulėtekio al. 9, III rūmai, LT-10222 Vilnius
El. p. info@leidykla.vu.lt, www.leidykla.vu.lt
bookshop.vu.lt, journals.vu.lt
Tiražas 20 egz.