



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS

Medicinos studijų programa

Optometrijos katedra

Rūta Valiukevičiūtė, VI kursas, XVII grupė

VIENTISŲJŲ STUDIJŲ MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Ragenos topografija ragenos ligų diagnostikoje

Corneal Topography in the Diagnosis of Corneal Disease

Darbo vadovas

Doc. Dr. Saulius Galgauskas

Katedros vadovas

Doc. Dr. Saulius Galgauskas

Vilnius, 2026

Studento elektroninio pašto adresas: ruta.valiukeviciute@mf.stud.vu.lt

TURINYS

SANTRAUKA	4
SUMMARY	5
SANTRUMPOS	6
ĮVADAS.....	7
METODIKA	8
1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.1. RAGENOS ANATOMIJA IR OPTINĖS SAVYBĖS.....	9
1.2. RAGENOS TOPOGRAFIJA.....	9
1.3. TOPOGRAFIJOS PRINCIPAI.....	10
1.3.1. Placido metodas.....	10
1.3.2. Plyšinis skenavimas.....	11
1.3.3. Scheimpflug metodas	11
1.3.4. Topografija ir tomografija	12
1.4. TOPOGRAFINIŲ ŽEMĖLAPIŲ TIPAI	12
1.4.1. Kreivumo (keratometrinių) žemėlapiai	12
1.4.2. Pachimetrijos žemėlapis	13
1.4.3. Priekinio ir užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo žemėlapiai	13
1.5. RAGENOS TOPOGRAFIJOS PARAMETRAI.....	14
1.6. ASTIGMATIZMAS	15
1.6.1. Astigmatizmo klasifikacijos	16
1.6.2. Topografiniai radiniai esant skirtingiems astigmatizmo tipams	16
1.7. KERATOKONUSAS.....	17
1.7.1. Epidemiologija	17
1.7.2. Patogeneze.....	17
1.7.3. Klinikiniai ypatumai	18
1.7.4. Diagnostika.....	18
1.7.5. Ragenos topografijos indeksai keratokonuso įvertinimui	23
1.7.6. Keratokonuso klasifikacija	25
1.7.7. Keratokonuso progresavimo vertinimas.....	26
1.7.8. Gydymas.....	27

1.7.9.	Kontaktiniai lęšiai.....	27
1.8.	PELIUCIDINĖ KRAŠTINĖ RAGENOS DEGENERACIJA.....	27
1.9.	JATROGENINĖ EKTAZIJA.....	29
1.9.1.	Jatrogeninės ektazijos diagnostika.....	30
1.10.	REFRAKCINIŲ OPERACIJŲ ATRANKA.....	30
1.11.	RAGENOS TOPOGRAFIJOS METODO TRŪKUMAI.....	32
2.	KLINIKINIS ATVEJIS	33
	APTARIMAS	37
	IŠVADOS	39
	REKOMENDACIJOS	39
	LITERATŪROS SĄRAŠAS	41
	PRIEDAI	47

SANTRAUKA

Darbo pagrindimas: Rageną yra svarbi akies optinės sistemos dalis, todėl jos struktūros ir formos pakitimai gali reikšmingai paveikti regos funkciją. Ragenos topografija yra neinvazinis metodas, leidžiantis įvertinti šiuos pakitimus ir padedantis diagnozuoti ragenos ligas, ypač ektazines būkles. Tobulėjant vaizdinimo technologijoms, ragenos topografija ir tomografija tampa vis reikšmingesnės ankstyvai diagnostikai, ligos progresavimo stebėsenai ir refrakcinės chirurgijos planavimui.

Tikslas: remiantis literatūros šaltiniais ir klinikiniu atveju, apžvelgti ir įvertinti ragenos topografijos reikšmę diagnozuojant rageninį astigmatizmą ir pagrindines ragenos ektazijas - keratokonusą, peliucidinę kraštinę ragenos degeneraciją bei jatrogeninę ektaziją.

Tyrimo metodai: Atlikta naratyvinė literatūros apžvalga, naudojantis *PubMed*, *Google Scholar*, *ScienceDirect* ir VU bibliotekos duomenų bazėmis. Paieškai taikyti šie raktažodžiai įvairiais deriniais: *cornea, corneal, topography, tomography, imaging, disease, keratoconus, ectasia, astigmatism, pellucid marginal corneal degeneration, refractive surgery*. Į analizę įtrauktos lietuvių ir anglų kalbomis parašytos pilno teksto publikacijos. Taip pat išanalizuotas Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikų Akių ligų centro keratokonusus sergančios pacientės klinikinis atvejis.

Rezultatai: Ragenos topografija yra reikšminga vertinant rageninį astigmatizmą (diferencijuojant taisyklingą ir netaisyklingą tipą) bei diagnozuojant ektazines ragenos būkles, tokias kaip keratokonusas, peliucidinė kraštinė ragenos degeneracija ir jatrogeninė ragenos ektazija. Placido principu paremta topografija leidžia įvertinti priekinį ragenos paviršių, o plyšinio skenavimo ir *Scheimpflug* technologija paremta tomografija papildomai suteikia duomenų apie užpakalinį ragenos paviršių bei ragenos storį. Nustatyta, kad ankstyvų ir subklinikinių ektazinių pakitimų diagnostikai itin svarbūs ragenos užpakalinio paviršiaus reljefo ir pachimetrijos rodikliai, todėl didžiausią diagnostinę vertę turi kompleksinis topografinių, tomografinių ir pachimetrinių duomenų vertinimas. Tangentiniai žemėlapiai yra jautresni už ašinius nustatant lokalizuotus ektazinius ragenos pokyčius, o topografiniai rodikliai ir indeksai padeda tiksliau kiekybiškai įvertinti struktūrinius pakitimus, tačiau juos būtina vertinti kartu su kitais klinikiniais duomenimis. Tiksliai ankstyvo ar subklinikinio keratokonuso diagnostika yra svarbi ir prieš refrakcinę chirurgiją, siekiant nustatyti pacientus, kuriems gali būti padidėjusi ektazijos rizika. Klinikinis atvejis patvirtino topografijos reikšmę keratokonuso diagnostikoje ir ligos eigos stebėsenoje.

Išvados: Ragenos topografija ir tomografija yra itin svarbūs diagnostiniai įrankiai įvairių ragenos ektazijų diagnostikai ir stebėjimui, rageninio astigmatizmo įvertinimui ir refrakcinės chirurgijos atrankai. Ankstyvų ir subklinikinių ektazinių pakitimų nustatymui svarbiausias yra kompleksinis topografinių ir tomografinių duomenų vertinimas.

Raktažodžiai: ragenos topografija; ragenos tomografija; ragenos ektazija; keratokonusas; astigmatizmas; refrakcinė chirurgija.

SUMMARY

Background: The cornea is an important part of the optical system of the eye; therefore, changes in its structure and shape can significantly affect visual function. Corneal topography is a non-invasive method that enables the assessment of these changes and helps diagnose corneal diseases, particularly ectatic conditions. With advances in imaging technologies, corneal topography and tomography are becoming increasingly important for early diagnosis, monitoring disease progression, and planning refractive surgery.

Aim: Based on literature sources and a clinical case, to review and evaluate the significance of corneal topography in the diagnosis of corneal astigmatism and the main corneal ectasias - keratoconus, pellucid marginal degeneration, and iatrogenic ectasia.

Methods: A narrative literature review was conducted using the *PubMed*, *Google Scholar*, *ScienceDirect*, and Vilnius University Library databases. The search was performed using the following keywords in various combinations: *cornea, corneal, topography, tomography, imaging, disease, keratoconus, ectasia, astigmatism, pellucid marginal corneal degeneration, refractive surgery*. Full-text publications written in Lithuanian and English were included in the analysis. A clinical case of a female patient with keratoconus from the Centre of Ophthalmology at Vilnius University Hospital Santaros Klinikos was also analysed.

Results: Corneal topography is significant in the assessment of corneal astigmatism, including the differentiation between regular and irregular astigmatism, and in the diagnosis of ectatic corneal conditions such as keratoconus, pellucid marginal degeneration, and iatrogenic corneal ectasia. Placido-disc-based topography allows assessment of the anterior corneal surface, while tomography based on slit-scanning and Scheimpflug technology additionally provides data on the posterior corneal surface and corneal thickness. It was found that posterior corneal elevation and pachymetric parameters are particularly important for the diagnosis of early and subclinical ectatic changes; therefore, comprehensive evaluation of topographic, tomographic, and pachymetric data has the greatest diagnostic value. Tangential maps are more sensitive than axial maps in detecting localized ectatic corneal changes, while topographic parameters and indices help quantify structural changes more accurately; however, they must be interpreted together with other clinical data. Accurate diagnosis of early or subclinical keratoconus is also important before refractive surgery in order to identify patients who may have an

increased risk of ectasia. The clinical case confirmed the importance of topography in the diagnosis of keratoconus and in monitoring disease progression.

Conclusions: Corneal topography and tomography are highly important diagnostic tools for the diagnosis and monitoring of various corneal ectasias, the assessment of corneal astigmatism, and patient selection for refractive surgery. For the detection of early and subclinical ectatic changes, the comprehensive evaluation of topographic and tomographic data is the most important.

Keywords: corneal topography; corneal tomography; corneal ectasia; keratoconus; astigmatism; refractive surgery.

SANTRUMPOS

BAD-D – *Belin-Ambrosio* indeksas (angl. *Belin-Ambrosio Enhanced Ectasia Display*)

BFS - geriausiai pritaikyta sfera (angl. *best fit sphere*)

BFTE - geriausiai pritaikytas torinis elipsoidas (angl. *best fit toric ellipsoid*)

CCT – centrinis ragenos storis (angl. *central corneal thickness*)

CIM – ragenos netaisyklingumo rodiklis (angl. *corneal irregularity measurement*)

D – dioptrijos

FFKK – *form fruste* keratokonusas

I-S – Apatinės-viršutinės asimetrijos indeksas (angl. *Inferior - Superior Asymmetry*)

KPI – keratokonuso prognozės indeksas (angl. *Keratoconus prediction index*)

KSI – keratokonuso sunkumo indeksas (angl. *Keratoconus severity index*)

LASIK – lazerinė *in situ* ragenos korekcija (angl. *Laser-assisted in situ keratomileusis*)

PKD - peliucidinė kraštinė ragenos degeneracija (angl. *Pellucid marginal corneal degeneration*)

PRK - fotorefracinė keratektomija (angl. *photorefractive keratectomy*)

SAI – paviršiaus asimetrijos indeksas (angl. *Surface Asymmetry Index*)

Sim K - simuliuota keratometrija

SMILE - mažo pjūvio lęšiuko ištraukimo operacija (angl. *small-incision lenticule extraction*)

SRAX – radialinių ašių pasvirimo kampas (angl. *skewed radial axes index*)

SRI – paviršiaus reguliarumo indeksas (angl. *Surface Regularity Index*)

TBI - tomografinis biomechaninis indeksas

TKM – vidutinė torinė keratometrinė reikšmė (angl. *Toric keratometric mean*)

TP – ploniausias ragenos taškas (angl. *Thinnest point*)

VUL SK – Vilniaus universiteto ligoninė Santaros klinikos

IVADAS

Ragenos yra viena svarbiausių akies optinės sistemos dalių, todėl net ir nedideli jos formos, gaubtumo ar storio pakitimai gali reikšmingai paveikti regos funkciją. Tikslus ragenos įvertinimas yra svarbi šiuolaikinės oftalmologinės diagnostikos dalis. Vienas svarbiausių neinvazinių metodų yra ragenos topografija, kuri leidžia detalai įvertinti ragenos paviršiaus formą, gaubtumą ir nelygumus. Tobulėjant diagnostikos technologijoms, ragenos topografija vis plačiau taikoma refrakcijos ydų analizei, įvairių ragenos ligų diagnostikai, jų eigai stebėti bei gydymo rezultatams vertinti (1).

Ragenos topografija ypač svarbi diagnozuojant ragenos ektazines ligas. Ragenos ektazija - tai progresuojanti akių liga, kuriai būdingi struktūriniai ragenos pokyčiai - formos ir gaubtumo pakitimai. Manoma, kad šie pakitimai susiję su ragenos biomechaninių savybių pokyčiais, t. y. „silpnėse“ ragenos struktūra, sumažėjusiu struktūriniu atsparumu (2). Progresuojant ragenos deformacijai, blogėja regėjimo kokybė, o tai gali reikšmingai paveikti paciento gyvenimo kokybę (3). Klinikinėje praktikoje ragenos topografija plačiai taikoma vertinant rageninį astigmatizmą bei diagnozuojant įvairias ragenos ektazines ligas, tokias kaip keratokonusas, peliucidinė kraštinė ragenos degeneracija ir po refrakcinės chirurgijos išsivysčiusi jatrogeninė ragenos ektazija (1).

Ragenos topografija plačiausiai taikoma diagnozuojant keratokonusą. Ankstyvas šios ligos nustatymas yra itin svarbus, nes leidžia laiku pradėti stebėseną ar gydymą ir taip sumažinti ligos progresavimo bei regos prastėjimo riziką. Vis dėlto diagnostinių iššūkių kyla labai ankstyvose arba ikiklinikinėse ektazinių ligų stadijose, kai klinikiniai požymiai dar nėra aiškiai išreikšti, o topografiniai pokyčiai - nežymūs (4). Kadangi lazerinės refrakcinės chirurgijos populiarumas labai išaugo, subklinikinio keratokonuso nustatymas tapo ypač svarbus siekiant išvengti jatrogeninės ektazijos po refrakcinės chirurgijos (5). Todėl ragenos topografija yra svarbi ir refrakcinės chirurgijos kandidatų atrankos dalis, padedanti nustatyti pacientus, kuriems dėl galimų subklinikinių ragenos pakitimų operacija gali būti kontraindikuotina (6).

Pastaraisiais metais ragenos ektazijų diagnostikos galimybės išsiplėtė, nes vis plačiau taikoma ne tik įprastinė topografinių rodiklių analizė, bet ir tomografinių, pachimetrinių ir biomechaninių duomenų vertinimas. Vis daugiau dėmesio skiriama ir dirbtinio intelekto integracijai su šiais duomenimis. Naujesni tyrimai rodo, kad toks kompleksinis vertinimas gali pagerinti ankstyvų ektazinių pakitimų nustatymą (7). Šio **darbo tikslas:** remiantis literatūros šaltiniais ir klinikiniu paciento atveju, apžvelgti ir įvertinti ragenos topografijos reikšmę rageninio astigmatizmo ir pagrindinių ragenos ektazijų - keratokonuso, peliucidinės kraštinės ragenos degeneracijos bei jatrogeninės ektazijos - diagnostikoje.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti ragenos topografijos pagrindinius veikimo principus ir metodus.
2. Apžvelgti astigmatizmo sampratą, tipus ir ragenos topografijos reikšmę jo diagnostikoje.
3. Apžvelgti pagrindines ragenos ektazijas - keratokonusą, peliucidinę kraštinę ragenos degeneraciją bei jatrogeninę ektaziją - kurių diagnostikoje taikoma ragenos topografija.
4. Išanalizuoti dažniausiai naudojamus topografinius ir tomografinius parametrus ir jų diagnostinę vertę ragenos ektazinių ligų diagnostikoje.
5. Išanalizuoti klinikinį atvejį, įvertinant ragenos topografijos reikšmę diagnozuojant keratokonusą ir stebint ligos eigą.

METODIKA

Literatūros apžvalga

Atlikta naratyvinė literatūros apžvalga *PubMed*, *Google Scholar*, *ScienceDirect*, VU bibliotekos duomenų bazėse. Buvo naudoti šie raktažodžiai įvairiais deriniais: *cornea*, *corneal*, *topography*, *tomography*, *imaging*, *disease*, *keratoconus*, *ectasia*, *astigmatism*, *pellucid marginal corneal degeneration*, *refractive surgery*. Į apžvalgą įtrauktos lietuvių ir anglų kalbomis parašytos pilno teksto recenzuojamų žurnalų publikacijos, metaanalizės, literatūros apžvalgos, susijusios su ragenos topografijos ir tomografijos principais, astigmatizmo, keratokonuso, peliucidinės kraštinės ragenos degeneracijos bei jatrogeninės ektazijos diagnostika ir refrakcinės chirurgijos atranka. Prioritetas buvo teiktas per pastaruosius 10 metų publikuotiems šaltiniams (2016 – 2026 m.), tačiau į apžvalgą buvo įtraukti ir senesni, tematikai reikšmingi šaltiniai. Atmesti straipsniai, kuriuose pateikiami diagnostikos metodai, neatitinkantys šiuolaikinių klinikinės praktikos standartų.

Klinikinio atvejo analizė

Tyrime buvo retrospektyviai įvertinti pacientės, kuriai diagnozuotas keratokonusas, nuasmeninti klinikiniai duomenys. Klinikinio atvejo aprašymui buvo gautas informuotas pacientės sutikimas ir Vilniaus Universiteto ligoninės Santaros klinikų (VUL SK) leidimas (2 priedas). Pacientė atrinkta iš VUL SK Akių ligų centro duomenų bazės. Atvejo analizei buvo surinkti šie duomenys: nusiskundimai, ligos ir gyvenimo anamnezė, regos aštrumo įvertinimas įvairiose ligos stadijose, klinikiniai požymiai stebimi biomikroskopijoje, ragenos topografijos vaizdai, gydymo metodai.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. RAGENOS ANATOMIJA IR OPTINĖS SAVYBĖS

Ragena – priekinė išorinio akies dangalo skaidri dalis. Ji atsakinga už maždaug du trečdalius akies optinės galios – laužiamoji geba yra apie 43-44 D (8,9). Sveika centrinė ragena yra asferinė - centre ji labiau išgaubta, o link periferijos palaipsniui plokštėja (9). Vidutinis ragenos skersmuo yra 11,5 mm vertikaliai ir 12 mm horizontaliai. Vidutinis storis centre yra 540 µm, o link periferijos storis didėja (8). Ragena turi 6 sluoksnius, kiekvienas iš jų prisideda prie jos skaidrumo ir funkcinio vientisumo (10):

1. Daugiasluoksnis neragėjantis paviršinis ragenos epitelis - sudarytas iš 5 sluoksnių ląstelių, kurios yra plokštesnės paviršiuje ir storesnės ant epitelio bazinės membranos. Paviršinės turi mikrogaučius, kurie padeda prisitvirtinti ašarų plėvelei ir užtikrina lygų, optiškai stabilų ragenos paviršių. Epitelis nuolat atsinaujina, o jo kamieninės ląstelės yra limbo srityje.

2. Baumano membrana - neląstelinis, iš kolageno sudarytas priekinės stromos sluoksnis, kuris pažeidimo atveju neatsinaujina. Veikia kaip atspari barjerinė struktūra, sauganti stromą nuo mechaninių pažeidimų.

3. Stroma - sudaro apie 90 % ragenos storio ir yra pagrindinė jos struktūrinė dalis. Ji sudaryta iš reguliariai išsidėsčiusių kolageno skaidulų sluoksnių, tarp kurių yra keratocitai ir proteoglikanų matrica. Būtent šis preciziškas kolageno išsidėstymas lemia optinį skaidrumą. Pažeidus stromą formuojasi randas, nes šis sluoksnis visiškai neatsistato.

4. Dua sluoksnis – neląstelinis sluoksnis, kurį sudaro kolageno skaidulos. Pasižymi dideliu atsparumu spaudimui, todėl atlieka mechaninę stabilizuojamąją funkciją ir yra svarbus atliekant ragenos transplantacijos operacijas.

5. Descemetos membrana - tai endotelio gaminama struktūra, veikianti kaip modifikuota bazinė membrana. Pasižymi regeneraciniu potencialu ir yra atspari mechaniniams pažeidimams.

6. Endotelis - vienasluoksnis, sudarytas iš daugiakampių ląstelių, aktyviai šalina skysčio perteklių iš stromos, todėl ragena išlieka skaidri (8).

1.2. RAGENOS TOPOGRAFIJA

Terminas „topografija“ yra kilęs iš graikų žodžių *topos* („vieta“) ir *graphein* („rašyti“), o tai reiškia apibūdinti vietą (1). Ragenos topografija – neinvazinis diagnostinis tyrimas, kuris leidžia kokybiškai ir kiekybiškai įvertinti ragenos morfologiją (11).

Pirmieji bandymai įvertinti rageną siekia XVII amžių - Kristofas Šeineris lygino atspindžius, gaunamus nuo įvairių skersmenų stiklo sferų, su atspindžiais nuo ragenos priekinio paviršiaus (9,11). 1880m. portugalų oftalmologas ir mikrobiologas Antonio Placido pristatė inovatyvų metodą ragenos formai įvertinti – Placido diską su koncentriniais žiedais. Šių žiedų atspindys ašarų plėvelėje leido vizualiai

įvertinti ragenos paviršiaus netolygumus, taip suteikdamas pagrindą ankstyvai keratoskopijai. Ši idėja tapo šiuolaikinės ragenos topografijos ištakomis, nes Placido disko principas iki šiol naudojamas daugelyje topografų (1). Placido žiedas buvo pirmasis prietaisas, naudojamas ragenos priekinio paviršiaus analizei (9). XXa. devintajame dešimtmetyje buvo pristatyti kompiuterizuoti Placido disko principu veikiantys ragenos topografijos prietaisai, kurie leido įvertinti ragenos formą, optinę galią ir nustatyti ragenos ligas dar prieš pasireiškiant klinikiniams požymiams (12). Teodoras Scheimpflug, Austrijos karinio jūrų laivyno kartografas, XX a. pradžioje (1904m.) pirmą kartą aerofotografijos srityje pritaikė *Scheimpflug* principą (13).

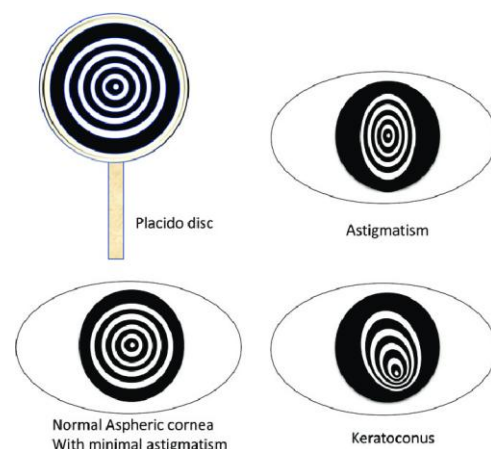
1.3. TOPOGRAFIJOS PRINCIPAI

Topograafijos tyrimo metu ant ragenos projektuojamas šviesos šaltinis, o vėliau analizuojamas jo atspindys nuo ragenos paviršiaus. Ragenos topografijai naudojami trys pagrindiniai metodai: Placido metodas, plyšinio skenavimo (angl. *slit scanning*) technika, *Scheimpflug* metodas.

1.3.1. Placido metodas

Taikant Placido metodą, į rageną projektuojami koncentriniai juodi ir balti žiedai, o jų atspindys fiksuojamas kamera, esančia žiedų centre. Remiantis centriniais maždaug 3 mm ragenos srities duomenimis, apskaičiuojamos simuliuotos keratometrijos (*Sim K*) reikšmės (9). Remiantis Placido žiedų atspindžiais, apskaičiuojamas ragenos išgaubtumas kiekviename jos taške (14). Ragenos paviršiaus išgaubtumą nusako ragenos gaubtumo spindulys (angl. *radius of curvature*). Laužiamoji geba apskaičiuojama kreivumo spindulį paverčiant į dioptrijas, naudojant standartinį keratometrinių indeksą (15). Gautas vaizdas pateikiamas spalvine skale, kuri interpretuojama taip: jei matomos šiltos, raudonos spalvos, reiškia ragenos kreivumo spindulys (mm) mažesnis, laužiamoji geba (D) didesnė; jei šaltos, mėlynos spalvos - kreivumo spindulys (mm) didesnis, laužiamoji geba (D) mažesnė. Taigi, kuo raudoniau – tuo statesnė ir optiškai stipresnė rageną; kuo mėlyniau – tuo plokštesnė ir silpnesnė (9).

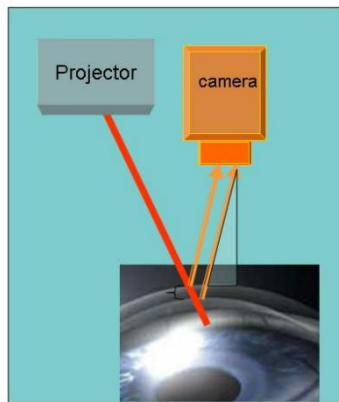
Placido principu pagrįsta ragenos topografija leidžia tiksliai įvertinti ragenos refrakcines savybes, tačiau ji neatspindi tikrosios ragenos formos (9).



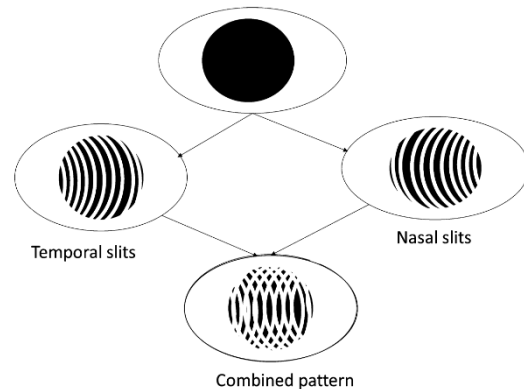
1 pav. Placido diskas ir tipiniai ragenos formų modeliai (esant astigmatizmui, asferiškai ragenai su minimaliu astigmatizmu bei keratokonusui) (16)

1.3.2. Plyšinis skenavimas

Plyšinio skenavimo technika (pvz. aparate „Orbscan“) remiasi trianguliacijos principu: į rageną nukreipto plyšinio šviesos pluošto padėtis lyginama su nuo ragenos atsispindėjusiu pluoštu, kurį užfiksuoja kamera (2 pav.). Tyrimo metu ant ragenos tam tikru kampu paeiliui projektuojama 40 plyšių: 20 nosinėje ir 20 smilkininėje pusėje. Taip gaunamas persidengiančių skenavimo plyšių „tinklas“ (3 pav.), iš kurio surenkami duomenys. Speciali vaizdo kamera fiksuoja šviesos atspindžius nuo priekinio ir užpakalinio ragenos paviršių. Gauti matavimai apdorojami trianguliacijos algoritmais, o rezultatas pateikiamas kaip 3D ragenos topografinis žemėlapis, apimantis visą ragenos paviršių ir įprastai įtraukiantis kreivumo (angl. *curvature*) žemėlapi, priekinio ir užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo žemėlapi (angl. *elevation map*), pachimetriją (9,16).



2 pav. Trianguliacija (17)

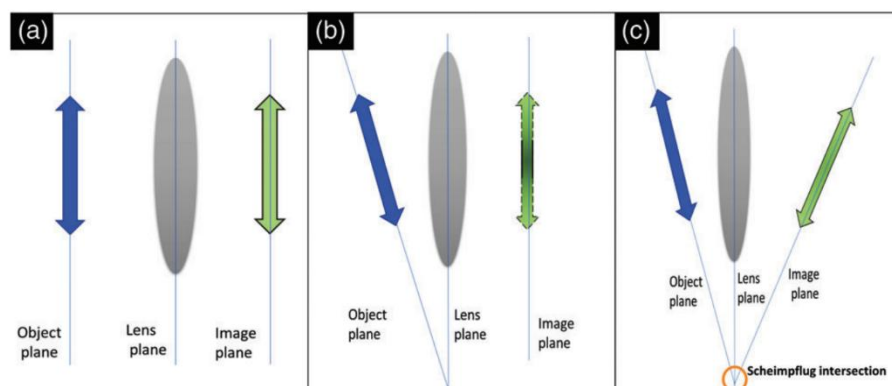


3 pav. Skenavimo plyšiai (16)

1.3.3. Scheimpflug metodas

Scheimpflug technologija buvo sukurta spręsti problemą, būdingą centriniu principu veikiančioms plyšinio skenavimo kameroms, kai objekto, objektyvo ir vaizdo plokštuma yra lygiagrečios viena kitai, tačiau dėl neplokščios ragenos geometrijos duomenys iš periferijos buvo prastesni ir nepatikimi. *Scheimpflug* principas (4 pav.) leidžia tai apeiti, nes koreguoja fokusavimą tada, kai tiriamas objektas (ragena) nėra lygiagretus vaizdo plokštumai (13,16).

Scheimpflug aparatai naudoja besisukančią kamerą, kuri fiksuoja ryškaus plyšinio šviesos pluošto atspindį, kai pluoštas nuosekliai skenuoja rageną. Iš daugybės optinių „pjūvių“ sudaroma trimatė ragenos rekonstrukcija: įvertinamas priekinio ir užpakalinio paviršiaus reljefas ir apskaičiuojama pachimetrija. Tarp dažniausiai minimų *Scheimpflug* sistemų yra „Pentacam“ aparatas, kurio konstrukcijoje naudojama viena besisukanti kamera ir viena stacionari kamera (9).



4 pav. Scheimpflug principas. (a) objekto ir vaizdo plokštumos yra lygiagrečios, todėl gaunamas vaizdas ryškus ir sufokusuotas; (b) objekto ir vaizdo plokštumos nėra lygiagrečios, todėl vaizdas nėra pilnai sufokusuotas; (c) objekto ir vaizdo plokštumos nėra lygiagrečios, tačiau vaizdo plokštuma buvo pasukta pagal *Scheimpflug* principą, kad būtų sukurtas pilnai sufokusuotas vaizdas (16).

1.3.4. Topografija ir tomografija

Šiuolaikinėje oftalmologijoje plačiai naudojamos dvi pagrindinės ragenos vaizdinimo technologijos - ragenos topografija ir tomografija. Šie terminai dažnai vartojami kaip sinonimai, nors jų paskirtis skiriasi. Ragenos topografija leidžia įvertinti priekinio ragenos paviršiaus formą ir kreivumą, naudojant Placido disko principu veikiančius prietaisus (1). Nors šiuolaikiniai topografijos prietaisai leidžia detalai analizuoti didelę priekinio akies segmento dalį, pilnavertis pachimetrinis ragenos įvertinimas neįmanomas be informacijos apie užpakalinį ragenos paviršių (16). Tuo tarpu ragenos tomografija suteikia trimatį ragenos vaizdą ir leidžia analizuoti ne tik priekinį, bet ir užpakalinį ragenos paviršių bei storį. Tomografiniams tyrimams dažniausiai priskiriamos tokios technologijos kaip *Scheimpflug* vaizdinimas, plyšinio skenavimo metodas ar optinė koherentinė tomografija. Šiuolaikiniai diagnostiniai prietaisai dažnai sujungia topografijos ir tomografijos galimybes bei gali būti papildyti kitomis funkcijomis, pavyzdžiui, ašarų plėvelės analize (1).

1.4. TOPOGRAFINIŲ ŽEMĖLAPIŲ TIPAI

1.4.1. Kreivumo (keratometriniai) žemėlapiai

Kreivumo (angl. *curvature map*) arba keratometriniai žemėlapiai pateikia informaciją apie ragenos paviršiaus išgaubtumą kiekviename taške. Laužiamoji geba pateikiama dioptrijomis. Šių žemėlapių yra du tipai - ašiniai (sagitaliniai) ir tangentiniai. Nors abu žemėlapių tipai leidžia įvertinti lokalią ragenos kreivumą, jų sudarymo principai ir gaunamos informacijos pobūdis skiriasi (11).

1.4.1.1. Ašinis (sagitalinis) žemėlapis

Ašiniuose žemėlapiuose daroma prielaida, kad ragenos paviršius yra artimas sferinei formai, o kreivumo centrai yra ant optinės ašies. Dėl tokio metodo ragenos periferija vizualizuojama „lygesnė“. Kadangi ragenos paviršius nėra tobulai sferinis, tokia prielaida gali iškraipyti tikrąją jos formą ir lemti mažesnę kiekybinių rodiklių tikslumą. Vis dėlto ašiniai žemėlapiai yra plačiai naudojami klinikinėje praktikoje, nes dėl supaprastinto vaizdo ir spalvinės skalės juos lengviau interpretuoti (11). Šio tipo žemėlapyje gaunamas dviejų dimensių atvaizdas, kuriame pavaizduojama ragenos laužiamoji geba arba kreivumo spindulys centrinėje, paracentrinėje ir periferinėje zonose – paprastai iki maždaug 9 mm skersmens. Spalvinė skalė leidžia lengvai interpretuoti duomenis: šilti atspalviai (oranžinė, raudona) rodo ragenos išsigaubimą ir didesnę laužiamąją gebą, o šaltesnės spalvos (žalia, mėlyna) reiškia ragenos plokštėjimą. Normalios ragenos atveju žemėlapis dažniausiai būna žalsvas visame plote, su tolygiai didėjančiu plokštėjimu nuo centro link periferijos, be ryškių asimetrijų (9).

1.4.1.2. Tangentinis žemėlapis

Tangentiniai žemėlapiai nėra grindžiami prielaida, kad ragenos forma sferinė. Šiuo atveju ragenos paviršius rekonstruojamas remiantis lokaliais kreivumo spinduliais, kurių centrai nėra susieti su optine ašimi. Dėl to šie žemėlapiai tiksliau atspindi tikrąjį ragenos kreivumą, ypač periferinėse jos srityse. Tangentiniai žemėlapiai yra jautresni lokalizuotiems ragenos pokyčiams, todėl gali būti naudingi vertinant ektazinių ligų, pavyzdžiui, keratokonuso kūgio formos pokyčius ir jų progresavimą. Tačiau jų interpretacija yra sudėtingesnė nei ašinių žemėlapių, todėl klinikinėje praktikoje jie naudojami rečiau (11).

1.4.2. Pachimetrijos žemėlapis

Pachimetrijos žemėlapis vaizduoja ragenos storį mikrometrais skirtingose jos srityse, paprastai iki 9 mm skersmens (18). Šio tipo žemėlapis gaunamas rekonstruojant priekinio ir užpakalinio ragenos paviršiaus duomenis. Šis žemėlapis leidžia nustatyti ploniausią ragenos tašką bei jo lokalizaciją ragenoje. Šis taškas yra labai svarbus vertinant ragenos struktūrinį stabilumą, nes keratokonuso progresavimo atveju būdingas palaipsnis ragenos plonėjimas ploniausiame taške (11). Storesnės ragenos zonos pateikiamos šaltesnėmis spalvomis, o plonesnės sritys žymimos šiltesniais atspalviais, todėl storio pasiskirstymą galima įvertinti vizualiai greitai ir aiškiai (9).

1.4.3. Priekinio ir užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo žemėlapiai

Ragenos paviršiaus reljefo žemėlapis parodo skirtumą tarp tiriamo priekinio arba užpakalinio ragenos paviršiaus ir standartinės atskaitos formos, dažniausiai 8 mm geriausiai pritaikytos sferos (angl. *best fit*

sphere, BFS) arba geriausiai pritaikyto torinio elipsoido (angl. *best fit toric ellipsoid*, BFTE). Sritys, kurios yra virš atskaitos paviršiaus, vaizduojamos šiltesnėmis spalvomis, o esančios žemiau atskaitos formos - šaltesnėmis spalvomis. Tokiu būdu priekinio ir užpakalinio ragenos paviršių reljefas vertinamas ne absoliučiai, bet santykinai - lyginant su idealia geometrine forma, pavyzdžiui, sfera (9). Šie žemėlapiai turi keletą privalumų. Pirmiausia, duomenys juose pateikiami kiekybiškai mikrometrais (μm), todėl galima labai tiksliai įvertinti net nedidelius ragenos morfologijos pokyčius, kurie gali atsirasti vystantis ragenos ektazijoms. Be to, ragenos topografijos prietaisai leidžia pasirinkti tinkamiausią atskaitinį paviršių, pagal kurį sudaromas reljefo žemėlapis, o tai padidina metodo jautrumą klinikinėje diagnostikoje. Tokiuose žemėlapiuose galima nustatyti įvairių ragenos taškų aukščio nuokrypius nuo atskaitinio paviršiaus tiek priekiniame, tiek užpakaliniame paviršiuje, pavyzdžiui, ragenos viršūnės, ploniausio taško ar centrinės ragenos srities (11). Svarbu paminėti, kad užpakalinio paviršiaus reljefo žemėlapis vaizduojamas tik plyšinio skenavimo ir *Scheimpflug* sistemos aparatuose.

1.5. RAGENOS TOPOGRAFIJOS PARAMETRAI

Ragenos topografijos rodikliai apima priekinio ragenos paviršiaus keratometrinius kreivumo rodiklius, astigmatizmo dydį ir ašį bei iš jų apskaičiuojamus topografinius indeksus (1 lentelė). Simuliuota keratometrija (SimK) apibūdina plokščiausio (K1) ir stačiausio (K2) ragenos meridianų laužiamąją galią centrinėje topografo analizuojamoje zonoje. Skirtumas tarp K1 ir K2 parodo rageninio astigmatizmo dydį (11). Topografiniai indeksai, pavyzdžiui, SAI, SRI, CIM, TKM ar I-S, padeda kiekybiškai įvertinti paviršiaus asimetriją, reguliarumą ir galimus ektazinius pokyčius, tačiau jų interpretacija priklauso nuo naudojamo prietaiso ir programinės analizės. Tomografijoje papildomai analizuojama užpakalinio paviršiaus morfologija, pachimetriniai ir paviršiaus reljefo rodikliai bei išvestiniai indeksai (2 lentelė).

1 lentelė. Svarbiausi ragenos topografijos svarbiausi parametrai ir indeksai

Parametras	Norma	Reikšmė
K1 (angl. <i>Flat K</i>)	~41-44 D	Plokščiausio ragenos meridiano keratometrinė reikšmė (19)
K2 (angl. <i>Steep K</i>)	~42-45 D	Staciausio meridiano keratometrinė reikšmė (19); didesnės reikšmės rodo ragenos statėjimą (11)
K_{mean}	~43-44 D	Vidutinė ragenos laužiamoji geba (K1 ir K2 vidurkis).
Astigmatizmas (K2–K1)	≤1,0 D	Rageninis astigmatizmas (20). Didelis ar netaisyklingas astigmatizmas didina ektazijos tikimybę.
Ašis	0-180°	Nurodo pagrindinio meridiano orientaciją.
K_{max}	<47,0 D	Didžiausia ragenos keratometrijos reikšmė (19). Svarbus keratokonuso sunkumo ir progresavimo rodiklis.

1 lentelė. Svarbiausi ragenos topografijos svarbiausi parametrai ir indeksai (tęsinys)

Parametras	Norma	Reikšmė
Q	-0,20 - -0,26	Ragenos asferiškumas - laipsniškas ragenos paviršiaus kreivumo kitimas nuo centro periferijos link. Labiau neigiama vertė gali rodyti ektazinius pakitimus (4,18).
CIM (angl. <i>Corneal irregularity measuserement</i>)	0,03- 0,68 μm	Ragenos netaisyklingumo rodiklis, parodantis ragenos paviršiaus nelygumų laipsnį. Didesnės reikšmės siejamos su didesne patologinių ragenos pokyčių tikimybe (4).
TKM (angl. <i>Toric keratometric mean</i>)	42,19 - 47,26 D	Vidutinė torinė keratometrinė reikšmė parodo vidutinį ragenos kreivumą viršūnės srityje. Padeda įvertinti ragenos toriškumą, o didesnės jo reikšmės rodo ryškesnį ragenos formos netaisyklingumą ir gali būti susijusios su didesne ektazinės patologijos tikimybe (4,21).
I-S (angl. <i>Inferior-superior asymmetry</i>)	<1,4D	Asimetrija tarp apatinės ir viršutinės ragenos dalių (22).
SAI (angl. <i>Surface asymmetry index</i>)	0,10 - 0,42	Paviršiaus asimetrijos indeksas, parodantis vidutinį ragenos laužiamosios galios skirtumą tarp priešingose pusėse esančių taškų (11).
SRI (angl. <i>surface regularity index</i>)	0-0,56	Paviršiaus reguliarumo indeksas apibūdina lokalius ragenos paviršiaus netolygumus centrinėje dalyje. Nustatyta, kad jis glaudžiai siejasi su koreguotu regėjimo aštrumu (4).

2 lentelė. Svarbiausi ragenos tomografijos rodikliai

Parametras	Norma	Reikšmė
Priekinis ragenos paviršiaus reljefas	<+12 μm	Apibūdina priekinio ragenos paviršiaus reljefo aukščio nuokrypį nuo atskaitos paviršiaus (9).
Užpakalinis ragenos paviršiaus reljefas	<+15 μm	Užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo aukščio nuokrypis nuo atskaitos paviršiaus. Padidėjusios užpakalinio reljefo reikšmės gali būti ankstyvas subklinikinio keratokonuso požymis (23,24).
Ploniausias taškas	515-540 μm	Mažiausias ragenos storis. Lokalus išplonėjimas – vienas ankstyviausių ektazijos signalų (25).

1.6. ASTIGMATIZMAS

Astigmatizmas - refrakcijos yda, kai pro akies optinę sistemą praėję šviesos spinduliai, susitelkia ne viename taške, o sudaro kelis židinius. Dažniausia šio reiškinio priežastis yra netaisyklingas, asferiškas ragenos paviršius. Esant astigmatizmui, žmogus mato aplinką lyg „su šešėliu“ ar neryškų, iškraipytą vaizdą, tiek iš arti, tiek iš toli. Kartu su regėjimo sutrikimu gali pasireikšti ir galvos skausmai ar astenopija (akių nuovargis) (26).

1.6.1. Astigmatizmo klasifikacijos

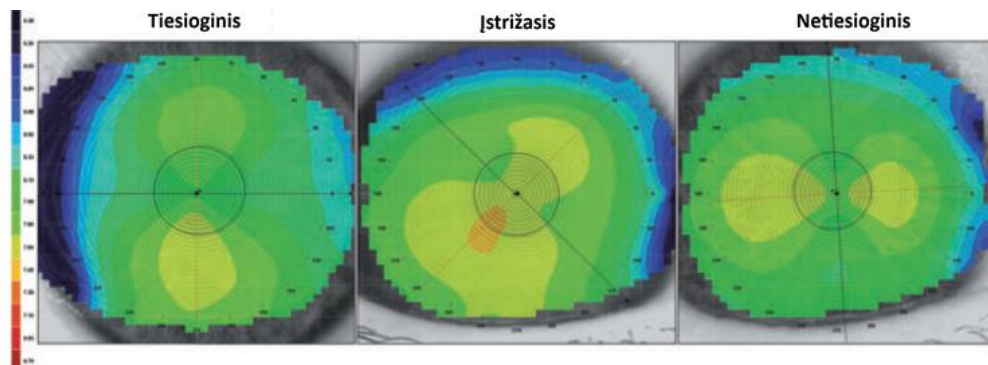
Astigmatizmas pagal kilmę gali būti tiek rageninis, tiek lęšiuko, tačiau pastarasis pasitaiko kur kas rečiau. Astigmatizmas, vertinant ar meridianų laužiamosios geba kinta tolygiai, skirstomas į taisyklingą ir netaisyklingą. Taisyklingo astigmatizmo atveju du pagrindiniai akies meridianai (didžiausios ir mažiausios laužiamosios galios plokštumos) sudaro statų (90 laipsnių) kampą vienas kito atžvilgiu, visame meridiane laužiamoji geba išlieka vienoda. Ši refrakcijos yda gali būti koreguojama sferocilindriniais lęšiais. Netaisyklingo astigmatizmo atveju pagrindiniai meridianai nėra statmeni arba laužiamoji geba kinta net tame pačiame meridiane, todėl įprastinė korekcija sferocilindriniais lęšiais dažnai būna nepakankama (26–28).

Taisyklingas astigmatizmas yra dar klasifikuojamas pagal **astigmatizmo ašies orientaciją**:

1. tiesioginis astigmatizmas (angl. *with-the-rule astigmatism*, lot. *astigmatismus directus*) – kai vertikalus meridianas statesnis, jo laužiamoji galia yra didesnė;
2. netiesioginis astigmatizmas (angl. *against-the-rule astigmatism*, lot. *astigmatismus indirectus*) – kai horizontalus meridianas statesnis, jo laužiamoji galia didesnė;
3. įstrižasis astigmatizmas (lot. *astigmatismus obliquus*) - kai pagrindinių meridianų vienas kito atžvilgiu sudaromas 90° kampas ragenos atžvilgiu yra įstrižoje padėtyje.

1.6.2. Topografiniai radiniai esant skirtingiems astigmatizmo tipams

Esant taisyklingam astigmatizmui ragenos topografijoje dažniausiai stebimas simetriškos „peteliškės“ (angl. *bow-tie*) vaizdas. Stačiausio ir plokščiausio meridianų ašys yra statmenos viena kitai, abi „peteliškės“ pusės yra vienodo dydžio ir vienoje tiesėje. Priklausomai nuo astigmatizmo tipo, „peteliškės“ orientacija skiriasi: esant tiesioginiam astigmatizmui ji orientuota labiau vertikaliai, netiesioginiam – horizontaliai, o įstrižiniam – įstrižai (5 pav.) (27). Tokie topografiniai radiniai rodo tolygų ragenos kreivumo pasiskirstymą ir paprastai koreliuoja su gerai koreguojamu refrakciniu defektu.



5 pav. 3 taisyklingo astigmatizmo tipai ašiniuose ragenos topografijos žemėlapiuose (27)

Esant netaisyklingam astigmatizmui topografijoje dažnai stebima asimetriška „peteliškė“. Skirtingai nei taisyklingo astigmatizmo atveju, stačiausio ir plokščiausio meridianų ašys nėra statmenos viena kitai (nesudaro 90° kampo), o stačiausio meridiano pusės yra ne vienoje tiesėje. Tokie radiniai dažnai rodo patologinius procesus, būdingus ektazijoms, ragenos randams ar pooperaciniams pakitimams, ir yra prastai koreguojami įprastais akiniais ar toriniais lęšiais.

Vienas iš jautriausių netaisyklingo astigmatizmo ir ankstyvos ektazijos indikatorių topografijoje yra iškrypusių radialinių ašių fenomenas (angl. *Skewed Radial Axes*, SRAX). Taisyklingos ragenos atveju viršutinio ir apatinio stačiausio meridiano pusmeridianiai (angl. *hemimeridians*) yra vienoje ašyje ir sudaro 180° kampą (vieną tiesę). Prasidėjus patologiniam ragenos gaubtumo asimetriškumui, šios ašys prasilenkia ir tiesės nebesudaro. Klinikinėje praktikoje priimta, jog jei kampas tarp šių pusmeridianių nukrypsta nuo tiesės daugiau nei 21° , tai yra laikoma patologiniu radiniu, būdingu keratokonusui (11).

Nors baziniai oftalmologiniai tyrimai, tokie kaip regėjimo aštrumo nustatymas, tyrimas plyšine lempa, autokeratorefraktometrija išlieka klinikinio ištirimo pagrindu, jie nesuteikia detalaus ragenos gaubtumo ir asimetrijos vaizdo. Standartinė keratometrija vertina tik nedidelę centrinę ragenos zoną ir remiasi prielaida, jog ragenos paviršius yra simetriškas, todėl ankstyvi paracentriniai ar periferiniai pokyčiai dažnai lieka nepastebėti. Tiksliam netaisyklingo astigmatizmo diagnozavimui yra būtinas detalus ragenos paviršiaus ištirimas. Dėl šios priežasties kompiuterinės videokeratografijos ir trimatės tomografijos atsiradimas iš esmės pakeitė ir praplėtė ragenos ligų diagnostikos galimybes, leisdamas ne tik aptikti subklinikines ektazijos formas, bet ir saugiai planuoti refrakcines operacijas.

1.7. KERATOKONUSAS

Keratokonusas (KK) yra progresuojanti, asimetriškai abi akis pažeidžianti liga, dėl kurios plonėja ir išsigaubia ragena, o tai sukelia netaisyklingą astigmatizmą ir regos prastėjimą (29,30).

1.7.1. Epidemiologija

Keratokonusas dažniausiai išsivysto paauglystėje arba ankstyvame suaugusiame amžiuje (10-30 metų amžiaus) ir progresuoja iki ketvirtąjo dešimtmečio (29). Paplitimas skirtingų tautybių atstovams svyruoja gan plačiai, tačiau vidutiniškai 0,1–0,2 %, o vyrai serga šiek tiek dažniau nei moterys (8). Didžiausias sergamumas stebimas tarp 20-30 amžiaus grupėse bei Vidurio Rytų ir Azijos populiacijose (29).

1.7.2. Patogeneze

Keratokonuso patogenezė yra daugiafaktorinė - kartu sąveikauja genetinis polinkis, aplinkos ir mechaniniai veiksniai. Tradiciškai keratokonusas buvo laikomas neuždegimine liga. Tačiau pastarųjų metų tyrimai rodo, kad ligos patogenezėje gali dalyvauti uždegiminiai mechanizmai. Nustatyta pakitusi uždegiminių mediatorių ir citokinų koncentracija, leidžianti manyti, kad keratokonuso pažeistose akyse

gali vykti tam tikro laipsnio uždegiminiai procesai, net jei jie kliniškai nėra akivaizdūs (29,30). Histopatologiniai pakitimai stebimi visuose ragenos sluoksniuose, tačiau ryškiausi iš jų - progresuojantis stromos plonėjimas, Baumanio membranos įtrūkimas ar plyšimas ir vėlesnė ragenos ektazija centrinėje ar paracentrinėje dalyje (29). Svarbiausi keratokonuso rizikos faktoriai - akių trynimas, šeiminė anamnezė, alergija, astma ir egzema (31). Keratokonuso išsivystymo rizika padidėja sergant kai kuriomis sisteminėmis ir paveldimomis būklėmis - Dauno sindromu, Leberio įgimta amauroze ir jungiamojo audinio ligomis, tarp jų Ehlers-Danlos sindromu, mitralinio vožtuvo prolapsu (30,32).

1.7.3. Klinikiniai ypatumai

Liga dažniausiai paveikia abi akis, tačiau skirtingu laipsniu. Ligos pradžia paprastai besimptomė. Pacientai su keratokonusu dažniausiai skundžiasi vienos akies regos pablogėjimu, vaizdo iškraipymu. Taip pat reiktų atkreipti dėmesį, jei pacientas dažnai keičia akinius ar lęšius (33). Keratokonuso refrakciniai požymiai - trumparegystė ir netaisyklingas astigmatizmas. Keratokonusas turi ir specifinių biomikroskopinių klinikinių požymių: Fleischerio žiedas (pigmentacija lanko arba žiedo forma aplink ragenos kūgį) bei Vogto strijos (vertikalios linijos užpakalinėje Descemeto membranos stromoje). Ligai progresuojant išoriškai gali būti stebimas Munsono simptomas - tai pažengusiam keratokonusui būdingas požymis, kai žiūrint žemyn apatinio voko kontūras išsigaubia dėl kūgio formos ragenos. Retinoskopijoje stebimas „žirklių refleksas“ (netolygus raudono reflekso judėjimas, primenantis žirklių ašmenis) bei *Charloux* aliejaus lašo požymis (tamsus šešėlis ragenoje matomas išplėtus vyzdį) (29,32).

Pažengusiose keratokonuso stadijose gali išsivystyti ragenos hidropsas (ragenos edemos forma) – komplikacija, sukelianti staigų, skausmingą regėjimo pablogėjimą bei šviesos baimę. Pasireiškia maždaug 3 % keratokonusu sergančių pacientų (30).

1.7.4. Diagnostika

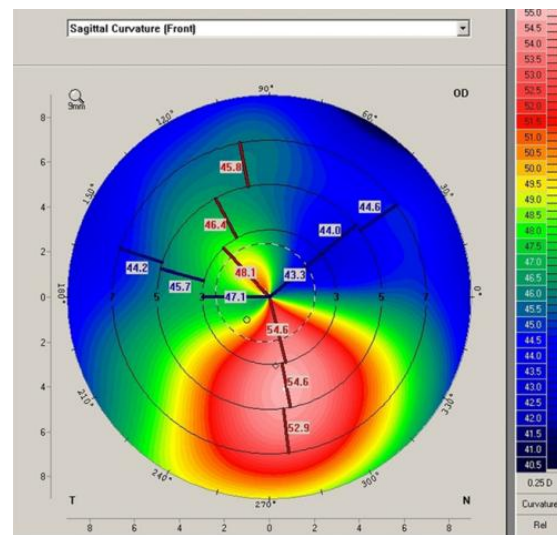
Keratokonuso diagnostika prasideda nuo anamnezės, refrakcijos, regėjimo aštrumo nustatymo, plyšinės lempos apžiūros. Keratokonusas diagnozuojamas remiantis klinikiniais simptomais bei ragenos topografija (34). Ankstyvų formų nustatymas yra sudėtingas, nes simptomai gali atrodyti kaip paprasta refrakcinė yda, todėl klinikinėje praktikoje didelis proveržis įvyko atsiradus ragenos vaizdinimo technologijoms (23). Remiantis pasauliniu keratokonuso ir ektazinių ligų konsensusu, norint diagnozuoti keratokonusą, būtina nustatyti šiuos požymius: pakitusius užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo rodiklius, nenormalų ragenos storio pasiskirstymą, klinikinį ragenos plonėjimą (23).

1.7.4.1. Priekinio ragenos paviršiaus topografijos analizė

Ragenos topografija yra viena iš pagrindinių ir svarbiausių priemonių diagnozuojant keratokonusą bei nustatant ligos sunkumą. Šiai ligai būdingas kūgio formos ragenos išsigaubimas priekiniame ragenos paviršiuje (11), kuris susiformuoja centrinėje arba paracentrinėje ragenos dalyje, dažniausiai infero-temporaliai (29,30). Topografiniuose žemėlapiuose šie pakitimai atsispindi kaip lokalizuotas ragenos statumo padidėjimas toje vietoje, kur formuojasi kūgio viršūnė. Ši sritis dažniausiai pasižymi didesnėmis dioptrinėmis vertėmis ir yra apsupta palaipsniui mažėjančio gaubtumo sričių (4). Paviršiaus reljefo žemėlapiuose tai matoma kaip sritis, esanti „aukščiau“ už geriausiai pritaikytą atskaitinį paviršių, o ašiniuose žemėlapiuose - kaip labiau išgaubta ragenos dalis.

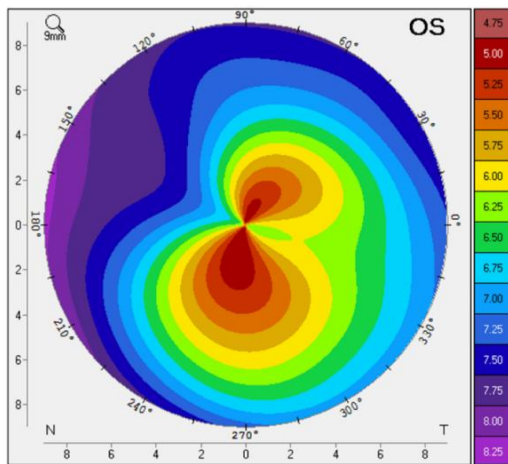
Kūgio viršūnė dažniausiai lokalizuojasi apatinėje vidurinėje periferinėje ragenos dalyje, nosiniame arba smilkininiame kvadrante, nors retais atvejais ektaziniai pakitimai gali būti nustatomi ir centrinėje ragenos dalyje. Skirtingai nuo sveikos ragenos taisyklingo topografinio astigmatizmo, keratokonusui būdinga asimetriška topografinė kilpa, kai apatinis pusmeridianis yra statesnis (6 pav.). Taip pat dažniausiai nustatoma vertikali asimetrija ir įstrižas vieno ar abiejų pusmeridianių pasvirimas, formuojantis būdingą topografinį vaizdą. Šis topografinis modelis paprastai yra panašus abiejose akyse, nors vienoje jų pakitimai gali būti labiau pažengę (4).

Lokalizautos ragenos sritys, kurių keratometrija viršija 46–47 dioptrijas, turėtų kelti įtarimą dėl galimo keratokonuso (4). Svarbu atsižvelgti į centrinę keratometriją (angl. *K central*), kuri apibrėžiama kaip vidutinė ragenos laužiamosios galios reikšmė 2, 3 ir 4 mm skersmens žiedų srityje. Kai ši reikšmė yra mažesnė nei 47,2 D, ji laikoma normalia, 47,2–48,7 D reikšmės siejamos su tikėtinu keratokonusu, o didesnės nei 48,7 D reikšmės būdingos klinikiniam keratokonusui (11). Didesnė nei 2,5 D rageninio astigmatizmo vertė laikoma požymiu, keliančiu įtarimą dėl keratokonuso. Vidutinė priekinio ragenos paviršiaus astigmatizmo vertė gali siekti apie $3,9 \pm 2,7$ dioptrijos (5).

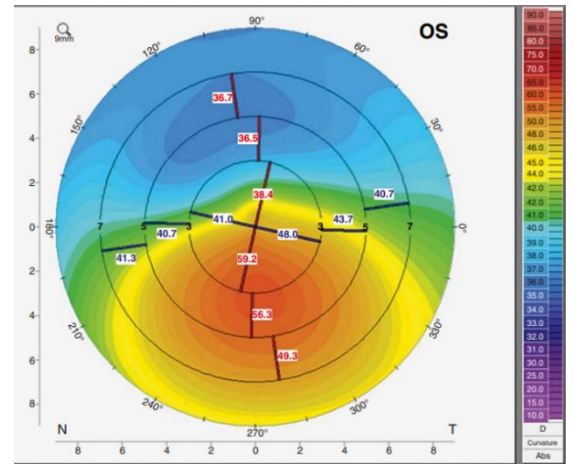


6 pav. Ašinis žemėlapis sergant keratokonusu (gautas Scheimpflug kamera) (3)

Keratokonuso ragenos topografijoms būdinga tai, kad rageninis astigmatizmas palaipsniui kinta: iš pradžių topografijoje matomas simetriškas „peteliškės“ vaizdas (7 pav.), vėliau jis tampa asimetriškas, o progresuojant ligai stebimas status kūgis inferotemporaliai (8 pav.) (8).



7 pav. „Peteliškės“ požymis ašiniame žemėlapyje (29)



8 pav. Ašinis žemėlapis, sergant keratokonusu (8)

Priekinio ragenos paviršiaus pokyčiams įvertinti naudojami įvairūs topografiniai žemėlapiai - ašiniai, tangentiniai ir paviršiaus reljefo. Nors ašiniai žemėlapiai yra dažniausiai naudojami klinikinėje praktikoje, tangentiniai žemėlapiai leidžia tiksliau įvertinti lokalizuotus ragenos išsigaubimo pokyčius, kūgio lokalizaciją ir išplitimo ribas, todėl jie laikomi jautresniais nustatant ankstyvus keratokonuso požymius (4). Tačiau klinikinėje praktikoje šie žemėlapiai nėra naudojami taip plačiai kaip ašiniai, nes jų rezultatai yra labiau veikiami įvairių trikdžių. Tangentinių žemėlapių analizę gali iškraipyti ašarų plėvelės netolygumai, pavyzdžiui, ašarų nuosėdos ar sausos ragenos vietos, kurios sukuria artefaktus (35). Tangentinių žemėlapių analizę kartu su paviršiaus reljefo ir pachimetrijos žemėlapiais suteikia išsamesnę informaciją apie ragenos struktūrinius pokyčius (4).

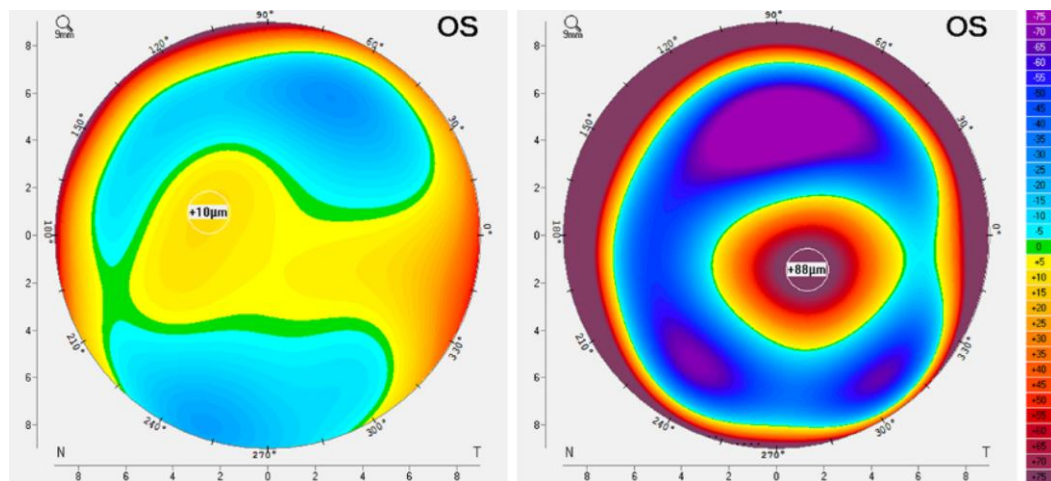
Topografiniai žemėlapiai taip pat leidžia klasifikuoti ir keratokonuso kūgio sunkumo laipsnį. Subklinikinėje stadijoje stebimas apatinėje ragenos dalyje lokalizuotas kūgis, "peteliškės" formos, biomikroskopiškai nematomas. Vėliau stebimas apatinėje ragenos dalyje lokalizuotas ovalus, "peteliškės" formos kūgis, kartais matomas plyšine lempa. Vidutinio sunkumo stadijoje - centrinėje ir (arba) apatinėje ragenos dalyje esantis apvalus kūgis, aiškiai nustatomas biomikroskopiškai. Pažengusioje klinikinėje stadijoje – viršutinėje ragenos dalyje lokalizuotas aštrus kūgis, matomas net ir be biomikroskopo (22).

1.7.4.2. Užpakalinio ragenos paviršiaus topografijos analizė

Kūgio formos išsigaubimas priekiniame ragenos paviršiuje sukelia ragenos struktūrinį silpnumą. Dėl to pakinta ir užpakalinio ragenos paviršiaus forma - lyginant su sveika ragena, jos išgaubtumasis didėja, o tai

gali būti pastebima jau ankstyvose ligos stadijose (11). Ankstyvos ligos stadijos vadinamos subklinikiniu arba *form fruste* keratokonusu. Šie terminai turi šiek tiek skirtingas reikšmes. Subklinikinis keratokonusas - tai, kai ragenos topografijoje nustatomi keratokonusui būdingi arba įtartini požymiai, tačiau biomikroskopiškai (plyšine lempa) ragena atrodo normali, o kitoje akyje jau diagnozuotas keratokonusas. *Form fruste* keratokonusas – kai vienos akies ragenos topografija bei biomikroskopija normali, bet kitoje akyje diagnozuotas keratokonusas (29).

Nors keratokonuso atveju priekinio paviršiaus ragenos gaubtumas bei priekinis ($3,9 \pm 2,7$ D) ir užpakalinis ($0,9 \pm 0,6$ D) astigmatizmas būna reikšmingai didesni nei sveikose akyse, šie parametrai nėra pakankamai informatyvūs atskiriant subklinikinį keratokonusą nuo normalios ragenos (5,29). Užpakalinio ragenos paviršiaus pokyčiai gali būti vieni pirmųjų kliniškai nustatomų keratokonuso požymių. Įrodyta, kad užpakalinio ragenos paviršiaus kreivumo ir reljefo žemėlapių pokyčiai gali būti naudojami kaip svarbūs keratokonuso atrankinės diagnostikos rodikliai (4). Oftalmologijos ekspertų grupė iš viso pasaulio konsensusu 2015 m. sutarė, kad norint diagnozuoti ankstyvą arba subklinikinį keratokonusą, turi būti nustatyti užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo pakitimai (23,29). Šių parametrų neįmanoma gauti tradiciniais atspindžio principu veikiančiais topografais - jie matuojami naudojant *Scheimpflug* technologija, plyšiniu skenavimu arba optine koherentine tomografija. Vienas dažniausiai taikomų rodiklių yra didžiausias užpakalinis ragenos paviršiaus reljefo nuokrypis nuo atskaitinio paviršiaus – reikšmės virš 12 μm paprastai leidžia įtarti keratokonusą (9 pav.).



9 pav. Užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo žemėlapiai. Kairėje – sveika ragena, dešinėje – keratokonusas (maksimalūs aukščio nuokrypiai atitinkamai 10 μm ir 88 μm); vertinta pagal BFS (8 mm) (29).

Šio rodiklio diagnostinė riba nustatant besivystantį keratokonusą priklauso nuo taikomo referencinio paviršiaus (BFS ar BFTE), jo skersmens (8 mm ar 9 mm), naudojamo aparato bei matavimo vietos (didžiausio aukščio nuokrypio vietos ar aukščio ploniausiame ragenos taške) (3 lentelė) (29,36,37).

3 lentelė. Tyrimų, kuriuose vertinta užpakalinio ragenos paviršiaus aukščio nuokrypio diagnostinė vertė atskiriant *form fruste* arba įtariamą keratokonusą nuo sveikų akių, palyginimas
(adaptuota iš (29))

Autorius, metai (šaltinis)	Prietaisas	Referencinio kūno skersmuo (mm) ir matavimo vieta	Ribinė vertė (μm)	Specifiškumas (%)	Jautrumas (%)
BFS (geriausiai pritaikyta sfera)					
<i>Muftuoglu ir kt.</i> , 2013 (38)	Pentacam	9	9	59	67
<i>Sideroudi ir kt.</i> , 2014 (36)	Pentacam	8, DA	12	86	83
		8, PA	10	97	70
<i>Jafarinasab ir kt.</i> , 2015 (39)	Orbscan	8	16	88	61
BFTE (geriausiai pritaikytas torinis elipsoidas)					
<i>Smadja ir kt.</i> , 2013 (37)	Galilei	8, DA	13	80	82
<i>Sideroudi ir kt.</i> , 2014 (36)	Pentacam	8, DA	9	79	91
		8, PA	5	97	82
<i>Golan ir kt.</i> , 2018 (40)	Galilei	8, DA	12	85	80
<i>Elkitkat ir kt.</i> , 2020 (41)	Pentacam	8	4	96	96

BFS – geriausiai pritaikyta sfera; BFTE – geriausiai pritaikytas torinis elipsoidas; DA – didžiausias aukščio nuokrypis nuo atskaitos paviršiaus (angl. *maximum elevation*); PA – aukščio nuokrypis ploniausiame ragenos taške (angl. *elevation at thinnest corneal point*).

Tyrimuose, kuriuose naudojamas geriausiai pritaikytas torinis elipsoidas (BFTE) dažniausiai nurodomas didesnis jautrumas ir specifiškumas nei tyrimuose, kuriuose taikoma įprastinė geriausiai pritaikyta sfera (BFS). Antra, matavimai ploniausiame ragenos taške paprastai pasižymi didesniu specifiškumu nei matavimai didžiausio aukščio nuokrypio taške, todėl galima daryti prielaidą, kad ploniausio taško lokalizacijos derinimas su BFTE atskaitos kūnu gali būti tinkamiausias diagnostinis derinys. Trečia, diagnostinės ribinės vertės skirtinguose tyrimuose labai varijuoja – nuo 4 iki 16 μm. Tai atspindi skirtumus tarp naudojamų prietaisų, atskaitos kūnų skersmenų bei kartu riboja tiesioginį rezultatų palyginamumą ir vienos konkrečios ribinės vertės pritaikomumą klinikinėje praktikoje.

Vis dėlto užpakalinio ragenos paviršiaus topografijos, kaip izoliuoto parametro, bendra diagnostinė vertė išlieka diskutuotina. 2025 m. *Randleman ir kt.* sisteminėje 29 tyrimų apžvalgoje nustatyta, kad užpakalinio ragenos paviršiaus topografijos rodikliai, diferencijuojant subklinikinį keratokonusą nuo sveikų ragenų, paprastai buvo mažiau tikslūs nei priekinio paviršiaus ir ragenos storio rodikliai. Ši išvada kelia abejonių dėl 2015 m. Pasaulinio konsensuso rekomendacijos, kad užpakalinio paviršiaus pakitimai turi būti nustatomi diagnozuojant subklinikinį keratokonusą (42).

1.7.5. Ragenos topografijos indeksai keratokonuso įvertinimui

Viena iš ragenos topografijos paskirčių - apskaičiuoti indeksus, kurie leidžia kiekybiškai įvertinti ragenos formos netaisyklingumą. Remiantis šiais duomenimis, klinikiniais tyrimais buvo siekiama nustatyti ribines (angl. *cut-off*) reikšmes, padedančias atskirti normalią rageną nuo patologinės, taip pat apibrėžti kelis keratokonuso sunkumo laipsnius. Vis dėlto pagrindinė šių indeksų problema yra ta, kad kiekvienas indeksas yra labai specifinis ragenos topografui, kuriam jis buvo sukurtas, todėl jų negalima tiesiogiai pritaikyti kitų gamintojų topografams. Mokslinėje literatūroje aprašyta daug keratokonuso diagnostikai naudojamų indeksų (4 lentelė) – tiek vienmačių, tiek daugiamačių aptikimo sistemų. Priklausomai nuo analizės metodo, tai gali būti vienas rodiklis (vienmatis indeksas) arba kelių indeksų derinys (daugiamatis indeksas), padedantis interpretuoti pagrindinius keratokonusus būdingus topografinius požymius (11). Svarbu pabrėžti, kad šiuo metu nėra vieno rodiklio, kuris galėtų vienareikšmiškai atskirti besivystančią ligą nuo normalios ragenos būklės. Todėl keratokonuso diagnozė turi būti grindžiama įvairių ragenos parametrų visuma (29).

4 lentelė. Klinikinio keratokonuso nustatymo indeksai (29)

Indeksas	Reikšmė	Riba	Specifiškumas (%)	Jautrumas (%)
Vienmačiai indeksai				
Sim K	Simuliuota keratometrija - tai ragenos optinės galios skirtumas tarp plokščiausio ($K1$) ir stačiausio ($K2$) meridiano.	45,57 D	80	76
Q	Priekinės ragenos asferiškumas (centriniai 8 mm) apibūdina, kaip ragenos kreivumas kinta nuo centro į periferiją.	-0,65	90	93
I-S	Optinės galios skirtumas tarp viršutinės ir apatinės ragenos dalių.	>2,33 D	95	89
SRI	Paviršiaus reguliarumo indeksas apibūdina ragenos reguliarumą centriniuose 4.5 mm.	>1.52	100	65
SAI	Paviršiaus asimetrijos indeksas - vidutinė ragenos optinė galia iš 128 ragenos meridianų.	1,25	95	92
Daugiamačiai indeksai				
KPI	8 topografinių indeksų kombinacija.	>18.55	95	96
KSI	Keratokonuso sunkumo indeksas sujungia 10 topografinių indeksų.	>30%	93	93
KISA%	Centrinės keratometrijos, Sim K, I-S ir SRAX kombinacija.	>60%	100	96
BAD-D	Paremtas priekinio ir užpakalinio paviršiaus reljefo parametrais, pachimetrine progresija, ragenos storio kintamaisiais ir K_{max} .	>2.6	61	100

BAD-D – *Belin-Ambrosio* indeksas; I-S – Apatinės-viršutinės asimetrijos indeksas; KPI – keratokonuso prognozės indeksas; KSI – keratokonuso sunkumo indeksas; SAI – paviršiaus asimetrijos indeksas; Sim K – simuliuota keratometrija; SRAX – radialinių ašių pasvirimo kampas; SRI – paviršiaus reguliarumo indeksas.

Vienas iš specifiškiausių indeksų, pasižymintis ir dideliu jautrumu - *KISA%* indeksas, skirtas kiekybiškai įvertinti ragenos paviršiaus asimetriją. Tai labai efektyvus indeksas keratokonusus nustatyti, tačiau klinikinėje praktikoje, ypač ankstyvose ligos stadijose, gali pasitaikyti nemažai klaidingai neigiamų rezultatų. 100 % reikšmė laikoma diagnostine keratokonuso riba. Reikšmės nuo 60 iki 100 % vertinamos kaip įtariamas arba subklinikinis keratokonusus, o mažesnės nei 60 % - laikomos normaliomis (11,16). Jautriausias rodiklis – *Belin-Ambrosio* indeksas (BAD-D), sujungiantis priekinio, užpakalinio paviršiaus reljefo pokyčius, pachimetrijos progresiją, ragenos ploniausią tašką. *Pentacam* aparato programinė įranga BAD-D vertę klasifikuoja kaip normalią (kai ji yra mažiau nei 1,6 standartinio nuokrypio (SD) nuo populiacijos vidurkio), įtartina (kai $\geq 1,6$ ir $<2,6$ SD) ir patologinę ($\geq 2,6$ SD) (16).

I-S yra apatinės ir viršutinės ragenos dalių dioptrijų asimetrijos išraiška. Vertės nuo 1,4 iki 1,8 D apibrėžiamos kaip įtariamo keratokonuso ribinės vertės, o I-S vertės, didesnės nei 1,8 D, apibrėžiamos kaip klinikinis keratokonusus (11,16).

Tyrimai rodo, kad pažengusio keratokonuso nustatymas dažniausiai nesukelia didesnių diagnostinių sunkumų, tačiau subklinikinėse ligos stadijose dirbtinio intelekto taikymas reikšmingai pranoksta tradicines atrankos priemones (43). *Scheimpflug* kameromis paremti prietaisai, tokie kaip *Pentacam*, *Corvis ST* (angl. *Corneal Visualization Scheimpflug Technology*) ir *Sirius*, yra plačiai naudojami nustatant subklinikinį keratokonusą (5 lentelė). *Sirius* yra hibridinis prietaisas, sujungiantis Placido diskų ir *Scheimpflug* sistemas bei naudojantis dirbtinį intelektą, grindžiamą neuroniniais tinklais (7). Dirbtinio intelekto modelių diagnostinę vertę dar labiau padidina biomechaninių duomenų integravimas, nes tai leidžia tiksliau įvertinti ankstyvus ragenos struktūros ir funkcijos pokyčius. Vienas iš tokių biomechaninius duomenis teikiančių prietaisų yra *Corvis ST* – bekontaktis tonometras, kuriame integruota *Scheimpflug* kamera, 4330 kadrų per sekundę greičiu registruojanti akies biomechaninį atsaką į oro impulsą 8 mm pločio horizontalioje ragenos zonoje (7). Šis prietaisas leidžia įvertinti ragenos biomechanines savybes ir nustatyti jos struktūros silpnėjimą, kuris gali būti vienas ankstyvųjų ektazinių ligų požymių (44).

Nustatyta, kad sistemos, jungiančios tomografinius ir biomechaninius rodiklius, pasižymi didžiausiu diagnostiniu tikslumu nustatant subklinikinį keratokonusą. Vienas geriausių pavyzdžių yra tomografinis biomechaninis indeksas (angl. *Tomographic Biomechanical Index*, TBI), kuris laikomas itin perspektyvia priemone ankstyvai ligos diagnostikai bei inovatyviausiu rodikliu ektazijų diagnostikoje (45). Atlikus analizę nustatyta, kad dviejų geriausių diagnostinių parametrų iš *Pentacam* (užpakalinio ragenos paviršiaus reljefas) ir *Corvis ST* prietaisų (TBI) vidutinis jautrumas subklinikiniam keratokonusus nustatyti siekė 74,1 %, o specifiškumas – 95,4 % (44).

5 lentelė. Subklinio keratokonuso nustatymo indeksai (44)

Indeksas (šaltinis)	Riba	Specifiškumas (%)	Jautrumas (%)
<i>Pentacam</i> indeksai			
Užpakalinio ragenos paviršiaus aukščio nuokrypis (44)	11 μm	95,4	70,9
I-S (46)	>1,4 D	10,8	90,7
BAD-D (44)	>1,8	81,8	80,6
KI (44)	1,03	79,5	86,6
IHD (44)	0,018	88,6	83,3
<i>Sirius</i> indeksai			
Sib (44)	0,16 D	97,6	67,7
<i>Corvis ST</i> indeksai			
TBI (44)	0,59	95,4	77,4

BAD-D – *Belin-Ambrosio* indeksas; IHD – aukščio decentracijos indeksas (angl. Index of height decentration); I-S – apatinės-viršutinės asimetrijos indeksas; KI – keratokonuso indeksas; Sib - užpakalinio ragenos gaubtumo simetrijos indeksas (angl. Symmetry Index of Posterior Corneal Curvature); TBI – tomografinis biomechaninis indeksas

1.7.6. Keratokonuso klasifikacija

Keratokonuso sunkumas ir ligos progresavimas gali būti vertinami pagal ragenos morfologinius pokyčius bei ligos eigą, klinikinius požymius ir įvairias indeksais pagrįstas klasifikavimo sistemas (29). Keratokonuso sunkumas tradiciškai vertinamas pagal Amsler-Krumeich klasifikaciją, kuri ligą suskirsto į keturias stadijas pagal refrakciją, centrinės keratometrijos reikšmes, ragenos storį ir randėjimą. Ši klasifikacija remiasi priekinio paviršiaus topografija (16), tačiau yra gana pasenusi ir praranda savo vertę. 2016 m. buvo pasiūlyta nauja *Belin ABCD* keratokonuso klasifikavimo, stadijų vertinimo sistema, naudojanti tomografinius duomenis. ABCD keratokonuso vertinimo sistema apima (A) priekinio ir (B) užpakalinio ragenos paviršiaus gaubtumo spindulį, (C) ploniausią pachimetriją ir (D) geriausiai koreguotą regos aštrumą (6 lentelė). Sistema klasifikuoja keratokonusą į penkias stadijas nuo 0 iki IV. Teigiama, kad ji geriau atspindi anatominis keratokonuso pokyčius, palyginti su esamomis klasifikavimo sistemomis (16). 2025 m. ESCRS (angl. *European Society Of Cataract & Refractive Surgeons*) kongrese pristatytas antrasis pasaulinis keratokonuso konsensusas, kuris rekomenduoja pereiti prie ABCD klasifikacijos sistemos kaip visame pasaulyje priimto klinikinio standarto (47).

6 lentelė. ABCD keratokonuso klasifikacija (48)

Stadija	A – priekinis gaubtumo spindulys	B – užpakalinis gaubtumo spindulys	C – ploniausios ragenos vietos storis	D – geriausias koreguotas regėjimo aštrumas
0	> 7,25 mm (< 46,5 D)	> 5,90 mm (<57,25 D)	> 490 μm	$\geq 1,0$ D
I	> 7,05 mm (< 48,0 D)	> 5,70 mm (<58,25 D)	> 450 μm	< 1,0 D
II	> 6,35 mm (< 53,0 D)	> 5,15 mm (<65,5 D)	> 400 μm	< 0,5 D
III	> 6,15 mm (< 55,0 D)	> 4,95 mm (<68,5 D)	> 300 μm	< 0,2 D
IV	$\leq 6,15$ mm ($\geq 55,0$ D)	$\leq 4,95$ mm ($\geq 68,5$ D)	≤ 300 μm	< 0,05 D

1.7.7. Keratokonuso progresavimo vertinimas

Pasaulinis keratokonuso ir ektazinių ligų konsensusas progresavimą apibrėžia kaip nuoseklius pokyčius laikui bėgant bent dviejuose iš šių parametrų: didėjančią priekinio ragenos paviršiaus statėjimą, didėjančią užpakalinio paviršiaus statėjimą, ragenos plonėjimą ir (arba) ragenos storio pokyčio pagreitėjimą nuo periferijos link ploniausio taško (23). Šie pokyčiai gali būti stebimi atliekant būtent ragenos tomografiją (16).

Ligos progresavimo nustatymas yra svarbus parenkant tinkamą gydymo taktiką. K_{max} (didžiausias priekinio paviršiaus išgaubtumas, didžiausia laužiamoji geba) yra vienas dažniausiai naudojamų rodiklių progresavimui nustatyti. Klinikinėje praktikoje daugiau nei 1,0 dioptrijos padidėjimas paprastai laikomas progresavimo požymiu. Taip pat K_{max} sumažėjimas naudojamas gydymo efektyvumui vertinti po tam tikrų intervencijų, tokių kaip ragenos sutvirtinimo operacija (angl. – *corneal cross-linking*, CXL) (16,49). Vertinant keratokonuso progresavimą, gali būti naudojami įvairūs ragenos topografijos indeksai. Nustatyta, kad tokie rodikliai kaip paviršiaus variacijos indeksas (ISV) ar aukščio asimetrijos indeksas (IHA) gali padėti prognozuoti ligos progresavimą, pasižymėdami pakankamu jautrumu ir specifiškumu (5,50).

Ragenos paviršiaus reljefo duomenys taip pat turi diagnostinę vertę prognozuojant keratokonuso progresavimą. Nustatyta, kad priekinio ragenos paviršiaus reljefo žemėlapis, gaunamas lyginant su geriausiai pritaikyta sfera gali būti naudojama kaip progresavimo rodiklis. Reljefo pokyčiai, viršijantys 0,04 mm, leidžia prognozuoti keratokonuso progresavimą maždaug 81,4 % tikslumu. Be to, ligos eigai vertinti gali būti naudojami ir kiti paviršiaus reljefo parametrai, pavyzdžiui, *Belin–Ambrósio* (BAD-D) analizė (5).

Ragenos storio rodikliai taip pat yra svarbūs vertinant ligos progresavimą. Tyrimai rodo, kad ragenos storis, mažesnis nei 350 μm , yra susijęs su didesne keratokonuso progresavimo rizika (maždaug 3,32

karto). Nustatyta, kad centrinio ragenos storio sumažėjimas apie 2 % per metus gali rodyti ligos progresavimą (5).

1.7.8. Gydymas

Ragenos topografija atlieka ne tik diagnostinę funkciją – ji padeda priimti gydymo sprendimus, pradedant ankstyvomis prevencinėmis intervencijomis ir baigiant individualizuotu chirurginio gydymo planavimu. Keratokonusas gydomas atsižvelgiant į ligos sunkumą ir progresavimo požymius. Paprastai lengvos formos koreguojamos minkštais kontaktiniais lęšiais. Vėlesnėse stadijose rekomenduojami kieti lęšiai (33), o pažengusiais atvejais, kai tinkamo regėjimo ar komforto nepavyksta pasiekti šiomis priemonėmis - gali prireikti ragenos persodinimo. Siekiant pristabdyti progresavimą, rekomenduojama ragenos sutvirtinimo operacija, didinanti ragenos biomechaninį stabilumą ir standumą (29).

1.7.9. Kontaktiniai lęšiai

Ragenos topografija yra svarbi priemonė parenkant kontaktinius lęšius pacientams, sergantiems keratokonusu. Topografiniai žemėlapiai suteikia daugiau informacijos apie ragenos kreivumą nei įprasta keratometrija, nes leidžia įvertinti tiek centrinės, tiek periferinės ragenos kreivumo spindulį. Ši informacija padeda tiksliau įvertinti ragenos paviršiaus formą ir parinkti tinkamiausius kontaktinius lęšius (9). Dėl progresuojančio ragenos statėjimo, ypač pažengusiose ligos stadijose, tinkamas kontaktinių lęšių pritaikymas tampa sudėtingesnis, o netinkamai parinkti lęšiai gali sukelti įvairių komplikacijų. Šiuolaikiniai ragenos topografai dažnai turi specialią programinę įrangą, skirtą kontaktinių lęšių parinkimui. Ji leidžia surinkti išsamius duomenis apie ragenos paviršių ir įvertinti keratokonuso sunkumą bei kūgio formą. Remiantis ragenos topografijos duomenimis galima tiksliau parinkti standžius dujoms pralaidžius (angl. *rigid gas permeable*) ar specialius daugiakreivius kontaktinius lęšius su maža optine zona, todėl sutrumpėja lęšių pritaikymo laikas ir padidėja tikimybė pasiekti optimalų lęšio prigludimą (16).

1.8. PELIUCIDINĖ KRAŠTINĖ RAGENOS DEGENERACIJA

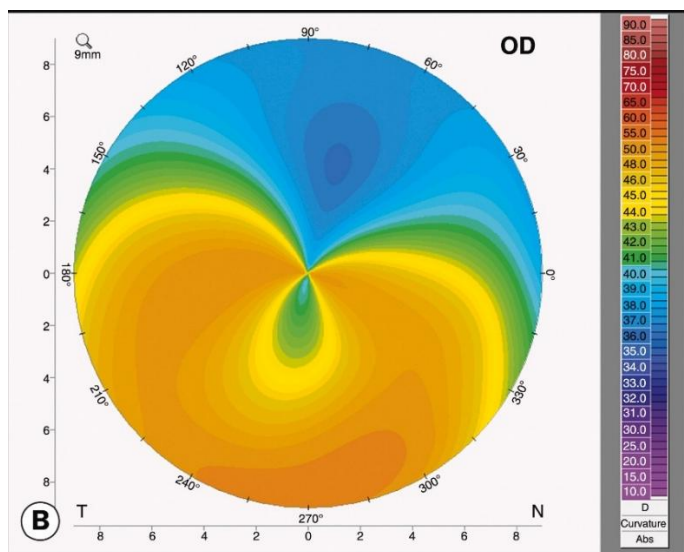
Peliucidinė kraštinė ragenos degeneracija (PKD) – reta, lėtai progresuojanti ragenos ektazija, kuri pasireiškia apatinės ragenos plonėjimu.

Ši liga dažniau pasireiškia vyrams, 20-50 metų amžiaus. Etiologija pagrįde nežinoma. Histopatologiniai tyrimai rodo, kad PKD atveju Baumano membrana gali būti nesusiformavusi arba nevientisa, su įtrūkimais. Buvo pastebėtas stromos mukopolisacharidų padidėjimas ir stromos išretėjimas. Vėlesnėse stadijose Descemeto membranoje kartais gali būti stebimos raukšlės (51).

Liga dažniausiai pažeidžia abi akis. Pacientai skundžiasi progresuojančiu laipsnišku regos prastėjimu (blogėjančiu regos aštrumu), kurį sukelia netaisyklingas astigmatizmas (8). Tačiau geriausiai koreguotas regos aštrumas pablogėja tik pažengusiose stadijose.

Apatinės ragenos išplonėjimas yra pusrutulio formos, lokalizuotas nuo 4 iki 8 valandos padėties, 1–2 mm pločio ir 1 mm atstumu nuo limbo. Paprastai visa ragena yra skaidri, nėra Fleischerio žiedo, Vogto strijų ar ragenos jautrumo pokyčių. Priešingai nei keratokonuso atveju, didžiausios ektazijos sritis yra virš ploniausios vietos, todėl apžiūrint plyšine lempa ragenos kontūras iš šono atrodo kaip „alaus pilvas“ (angl. *beer belly*) (51).

Ragenos topografija yra auksinis standartas PKD ištirimui. PKD atveju ragenos topografijoje stebimas „drugelio“ arba „krabo žnyplių“ vaizdas (10 pav.), taip pat didelio laipsnio astigmatizmas ir difuzinis apatinės ragenos statėjimas (8). Paviršiaus reljefo žemėlapiuose paprastai matomas "karštas taškas" (iškili sritis) apatinėje periferijoje. PKD pacientų pachimetrija būna atvirkščia nei norma - periferija yra plonesnė, o centras – storesnis.



10 pav. Ragenos topografija sergant PKD (8)

Diferencinė diagnostika su keratokonusu

PKD dažniausiai klaidingai diagnozuojama kaip keratokonusas. PKD pasireiškia vėliau nei keratokonusas ir progresuoja lėčiau (9). Pagal ektazinių ligų konsensusą, keratokonusas ir PKD yra skirtingi tos pačios ligos klinikiniai pasireiškimai – jos skiriasi plonėjimo vieta ir forma. Keratokonusą ir PKD geriausia atskirti derinant plyšinės lempos tyrimą, ragenos storio žemėlapi, priekinio gaubtumo (ašinį) žemėlapi, priekinio paviršiaus reljefo žemėlapi (23). PKD atveju plonėjimas vyksta labai specifiskai – apatinėje ragenos periferijoje (paprastai 4–8 valandų pozicijoje). Topografiškai tai sukuria

būdingą „krabo žnyplių“ vaizdą ašiniame žemėlapyje. Diagnostiškai svarbiausia detalė yra ta, kad, skirtingai nuo keratokonuso, PKD atveju didžiausio išsigaubimo zona yra išsidėsčiusi virš didžiausio išplonėjimo juostos (9).

1.9. JATROGENINĖ EKTAZIJA

Jatrogeninė ragenos ektazija (išsivysčiusi po refrakcinės operacijos) – tai sunki, regėjimui grėsminga komplikacija, kuriai būdingas progresuojantis ragenos išsigaubimas, didėjanti trumparegystė, nestabilus netaisyklingas astigmatizmas bei blogėjantis nekoreguotas ar net maksimaliai koreguotas regėjimo aštrumas.

Ektazija gali išsivystyti po įvairių refrakcinių procedūrų: lazerinės in situ ragenos korekcijos (LASIK), fotorefrakcinės keratektomijos (PRK), mažo pjūvio lęšiuko ištraukimo operacijos (SMILE), radialinės ar lankinės keratotomijos. Manoma, kad ši būklė atsiranda dėl ragenos paviršiaus ir priekinės stromos struktūros pakitimų akyse, kurios jau turi biomechaninių anomalijų. Histopatologiniai tyrimai rodo intralamelinį ir tarpfibrilinį biomechaninį pokytį, susijusį su eksimerinio lazerio poveikiu, kuris paaiškina pooperacinės ektazijos vystymosi mechanizmą (52).

Ektazija gali pasireikšti jau po savaitės nuo lazerinės regos korekcijos, tačiau kai kuriais atvejais ir po kelerių metų. Nors tikrasis šios komplikacijos dažnis nėra tiksliai žinomas, literatūroje nurodomas paplitimas svyruoja nuo 0,02 % iki 0,6 % (52). Nustatyta, kad ektazijos tikimybė po LASIK operacijos yra 4,5 karto didesnė nei po PRK operacijos. Nors SMILE operacijos ektazijos tikimybė yra mažiausia, jos dažnis gali didėti, nes atliekama vis daugiau operacijų ir pranešama apie vis daugiau atvejų (53).

Pirmuosius pooperacinės ektazijos atvejus po LASIK užfiksavo Theo Seiler 1998 m. trims pacientams su didelio laipsnio trumparegyste ir plona ragena (53). Didelis dėmesys vis dar skiriamas galimų rizikos veiksnių nustatymui prieš refrakcinę operaciją, siekiant užtikrinti saugią chirurgiją (52). Nenormalus priešoperacinis ragenos topografijos vaizdas yra svarbiausias rizikos veiksnys, lemiantis ektazijos atsiradimą po LASIK operacijos. Kiti rizikos veiksniai – mažas likęs stromos sluoksnio storis (angl. *residual stromal bed*), didelė trumparegystė, jaunesnis paciento amžius ir plonas priešoperacinis ragenos storis (16,52).

Ektazija po lazerinės refrakcinės chirurgijos gali atsirasti trimis atvejais: 1) esant jau egzistuojančiai ragenos ligai, pvz., keratokonusui; 2) esant silpnai, bet kliniškai stabiliai ragena, turinčiai nežymių topografinių ar tomografinių anomalijų požymių; 3) santykinai normalioje ragenoje, kuri po operacijos susilpnėja dėl biomechaninio nestabilumo, nes didelė audinio dalis tampa pažeista (16,54).

1.9.1. Jatrogeninės ektazijos diagnostika

Ragenos topografija ir tomografija yra vienas pagrindinių tyrimų, taikomų nustatant ragenos ektazines būkles. Tomografija svarbi ankstyvoje diagnostikoje, nes užpakalinio ragenos paviršiaus pakitimai dažnai atsiranda anksčiau nei akivaizdūs priekinio paviršiaus pokyčiai. Be to, pakartotiniai tomografiniai tyrimai leidžia objektyviai įvertinti pokyčių progresavimą laikui bėgant. Tuo tarpu Placido disko principu paremta topografija suteikia galimybę įvertinti ragenos paviršiaus bei ašarų plėvelės būklę, kas ypač svarbu po refrakcinių operacijų (52).

Ektazijos požymiai topografijoje ir tomografijoje yra didėjantis ir nereguliarus astigmatizmas bei progresuojantis ragenos plonėjimas. Ektazijos diagnostikai labiausiai tinka ašiniai arba tangentiniai žemėlapiai. Yra įvairių postrefrakcinės ektazijos topografinių požymių, įskaitant “krabų žnyplės”, asimetrinį “peteliškės” požymį su apatiniu statėjimu, taip pat statų kūgį apačioje ir viršutinį arba įstrižinį statėjimą (52).

Nors jatrogeninė ektazija struktūriškai gali priminti keratokonusą išoriškai, naujausi 2024–2025 m. genetiniai ir molekuliniai tyrimai atskleidė subtilius patofiziologinius skirtumus. Atlikus išsamius ragenos epitelio transkriptomo (RNA-Seq) ir proteomo (MALDI-TOF) tyrimus, pastebėta, kad abiem atvejais stebimi panašūs epitelio morfologiniai prisitaikymai (epitelio plonėjimas virš kūgio kaip kompensacija - “spurgos požymis” (angl. *doughnut pattern*)). Tačiau jatrogeninės ektazijos atveju rasta specifinių biomarkerių: ragenos centre slopinami interferono-alfa ir interferono-gama signaliniai keliai bei nustatytas specifinių genų (CADPS, TBC1D4, CPT1B) ekspresijos sumažėjimas, kurių keratokonuso atveju nestebima (55). Šie atradimai ateityje gali potencialiai tapti atrankiniais tyrimais molekuliniam rizikos testavimui prieš refrakcines operacijas.

1.10. REFRAKCINIŲ OPERACIJŲ ATRANKA

Pagrindinis refrakcinės chirurgijos kandidatų atrankos tikslas yra atpažinti tuos pacientus, kuriems gali išsivystyti jatrogeninė ektazija. Ragenos topografija ir pachimetrija atlieka pagrindinį vaidmenį atrenkant kandidatus lazerinėms refrakcinėms procedūroms. Vertinant tyrimų rezultatus analizuojamas priekinės ragenos gaubtumas ir užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo pokyčiai, nes tai rodo didesnę ektazijos tikimybę. Ektazijos rizikos veiksniu laikoma, kai ragenos stačiausio meridiano keratometrijos duomenys viršija 47 D, o ši rizika dar labiau padidėja, kai rodmenys viršija 50 D (52). Ankstyvieji keratokonuso požymiai neretai pirmiausiai išryškėja užpakalinėje ragenos dalyje, kai priekinė ragenos dalis dar nepakitusi. Kadangi tomografija leidžia tiksliai įvertinti užpakalinio reljefo parametrus, ji yra itin jautri ankstyvų pakitimų nustatymui ir laikoma svarbia priemone ektazijos rizikai prognozuoti. Vertinant ektazijos riziką svarbus ir pachimetrinis žemėlapis. Padidėjusi rizika siejama su suplonėjusia rageną,

ypač kai ploniausia vieta yra ne viršūnėje centre, o yra pasislinkusi, paprastai inferonazaliai arba inferotemporaliai (52). Papildomai, epitelio storio įvertinimas (angl. *epithelial thickness mapping*) taikomas kartu su ragenos topografija leidžia aptikti subtilius ragenos epitelio persitvarkymo pokyčius, taip pagerindamas ankstyvų keratokonuso formų diagnostiką (16,52).

Siekiant nustatyti subklinikinį keratokonusą arba *form fruste* keratokonusą, literatūroje pasiūlyta įvairių vertinimo sistemų ir rodiklių, tokių kaip keratokonuso prognozės indeksas (KPI), BAD-D, pachimetrinės progresijos indeksas (PPI) (9). Siekiant sukurti objektyvią ektazijos prognozavimo priemonę, *Randleman ir kt.* pasiūlė kiekybinę prognozavimo balų sistemą, vadinamą ektazijos rizikos balų sistema (angl. *Ectasia Risk Score System* - ERSS) (7 lentelė). Šioje sistemoje vertinami keli parametrai: topografinis ragenos vaizdas, likusios stromos sluoksnio storis, paciento amžius, centrinis ragenos storis (CCT) ir priešoperacinis vidutinis refrakcinis sferinis ekvivalentas. Kiekvienas kriterijus įvertinamas balais nuo 0 iki 4, o bendras rezultatas leidžia pacientus suskirstyti į mažos (0-2 balai), vidutinės (3 balai) ar didelės rizikos grupes (≥ 4 balai) (52). Iš šių veiksnių reikšmingiausiu laikomi priešoperaciniai topografiniai pakitimai (9,56).

Topografiniai ragenos vaizdai *Randleman* tyrime buvo skirstomi į tris grupes.

1. **Normalūs arba simetriški vaizdai:** laikomi apvalūs, ovalūs ar simetriškos „peteliškės“ tipo žemėlapiai.
2. **Įtartini topografiniai vaizdai:** pasižymi asimetrija.
 - a. Asimetriškas „peteliškės“ vaizdas,
 - i. Asimetriškas statėjimas bet kuria kryptimi, mažesnis nei 1,0 dioptrijos (D)
 - ii. Nėra iškreiptos radialinės ašies (SRA)
 - b. Apatinis statėjimas / iškreipta radialinė ašis
 - i. Reikšmingas radialinės ašies nuokrypis su ar be apatinės dalies statėjimu, arba
 - ii. $\geq 1,0$ D apatinis statėjimas kai kuriose srityse, tačiau $I-S < 1,4$
3. **Patologiniai (nenormalūs)** – apima keratokonusą, peliucidinę kraštinę ragenos degeneraciją arba formę fruste keratokonusą, kai $I-S$ reikšmė yra $\geq 1,4$ (57).

BAD-D indeksas buvo sukurtas kaip atrankos priemonė prieš refrakcinę chirurgiją akims, kurioms anksčiau nebuvo atliktos keratorefrakcinės procedūros, siekiant atskirti normalias ragenas nuo pakitusių. Tačiau jis nėra skirtas specifinei keratokonuso diagnostikai (52). Šiuo metu daugelyje ragenos topografijos prietaisų apskaičiuojami indeksai atlieka tik papildomą vaidmenį, o pagrindinis pakitimų nustatymo būdas išlieka topografinių žemėlapių vaizdo analizė.

7 lentelė. Ektazijos rizikos balų sistema (57)

Parametras	4 balai	3 balai	2 balai	1 balas	0 balų
Topografijos vaizdas	FFKK	Apatinis statėjimas/SRA	-	Asimetriška „peteliškė“	Normalus/simetriška „peteliškė“
RSB storis (µm)	<240	240-259	260-279	280-299	>300
Amžius (metai)	-	18-21	22-25	26-29	>30
CCT (µm)	<450	451-480	481-510	-	>510
Sferinis ekvivalentas	>-14	-12 iki -14	-10 iki -12	-8 iki -10	-8 ir mažiau

FFKK – *form fruste* keratokonusas, CCT – centrinis ragenos storis, RSB – likusios stromos sluoksnis, SRA – iškreipta radialinė ašis.

1.11. RAGENOS TOPOGRAFIJOS METODO TRŪKUMAI

Nors ragenos topografija yra vertingas diagnostinis įrankis, jos rezultatų patikimumą gali riboti įvairūs techniniai ir klinikiniai veiksniai. Viena dažniausių klaidų šaltinių – ašarų plėvelės būklė. Nestabili ašarų plėvelė iškreipia Placido žiedų atspindį ir gali sudaryti klaidingą ragenos paviršiaus nelygumo įspūdį. Panašiai duomenis gali paveikti kontaktinių lęšių nešiojimas, ypač jei tyrimas atliekamas netrukus po jų išėmimo (11). Trumpalaikis minkštųjų kontaktinių lęšių nenešiojimas paprastai neturi didelės įtakos topografijos rezultatams, tačiau standūs dujoms pralaidūs lęšiai gali sukelti laikinas ragenos formos deformacijas, kurios gali iškraipyti topografinius duomenis. Todėl prieš atliekant ragenos topografiją rekomenduojama jų nenešioti kelias savaites, kad būtų gauti tikslūs matavimai (9). Taip pat svarbi ragenos skaidrumo būklė – randai ar pooperaciniai pakitimai gali iškreipti gaubtumo bei pachimetrinius žemėlapius ir imituoti ektazinius ar nereguliaraus astigmatizmo pokyčius (11).

Reikšmingą įtaką rezultatams turi tyrimo atlikimo technika. Netikslus aparato centravimas, netinkamas fokusavimas ar paciento fiksacijos klaidos gali lemti klaidingas astigmatizmo ar keratometrijos reikšmes. Ragenos kreivumo matavimai yra itin jautrūs net ir nedideliu nuokrypiui nuo optinės ašies. Duomenų kokybę taip pat blogina paciento akių judesiai, vokų nusileidimas (ptozė), blakstienų šešėlis ar netinkama galvos padėtis ant smakro atramos. Dėl šių priežasčių matavimai neretai turi būti kartojami, o šiuolaikiniai prietaisai dažnai pateikia matavimo kokybės indeksą, padedantį įvertinti rezultatų patikimumą (9,11).

Dar vienas veiksnys - akių lašų įtaka. Nustatyta, kad anestetikų, fluoresceino ar midriatikų įlašinimas gali reikšmingai pakeisti kai kuriuos parametrus, ypač pachimetrijos rodiklius. Todėl rekomenduojama topografiją ar tomografiją atlikti prieš kitus tyrimus ir prieš lašinant vaistus, siekiant gauti kuo tikslesnį bazinį įvertinimą (9,11).

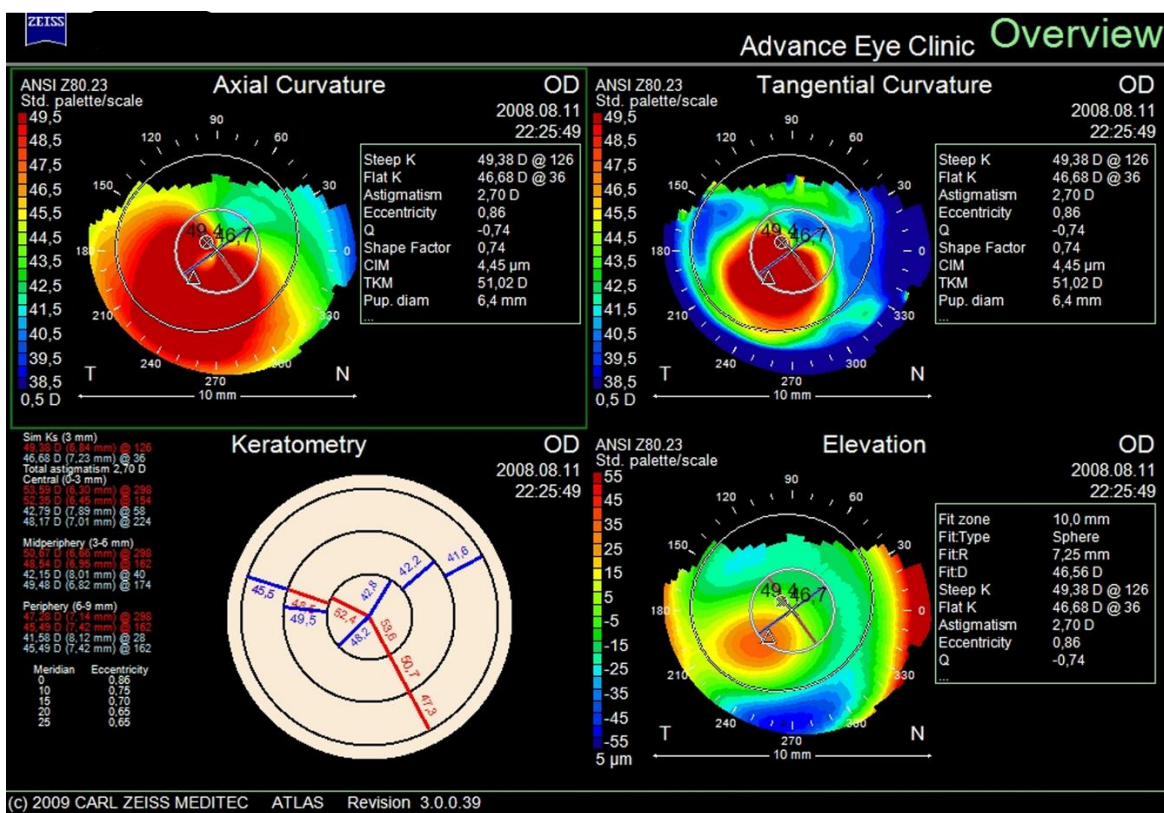
Metodo trūkumas yra ir tai, kad to paties paciento topografinių žemėlapių paprastai nereikėtų tiesiogiai lyginti tarp skirtingų aparatų, t.y. ribotas jų matavimų pakartojamumas. Nors to paties aparato matavimai dažniausiai yra gana tikslūs ir pakartojami, skirtingų topografų ir tomografų to paties paciento keratometriniai ar kiti rodikliai gali skirtis priklausomai nuo naudojamos įrangos dėl nevienodų matavimo principų, analizės algoritmų bei atskaitos sistemų. Be to, kai kurie indeksai yra būdingi tik konkrečiam prietaisui ar technologijai, todėl jų negalima tiesiogiai lyginti tarp skirtingų sistemų (9,16). Dar vienas šios specializuotos technologijos trūkumas – ribotas jos prieinamumas. Kadangi ragenos topografija, o ypač tomografija, yra brangūs prietaisai, ne visi specialistai (tiek optometrininkai, tiek oftalmologai) turi galimybę naudotis tokia aparatūra. Vis dėlto atsirandančios naujesnės technologijos, pavyzdžiui, prie plyšinės lempos tvirtinami topografai, gali sudaryti galimybę platesniam šių tyrimų taikymui klinikinėje praktikoje (52).

2. KLINIKINIS ATVEJIS

Pacientė moteris, 40 metų. Pirmą kartą keratokonusas diagnozuotas 2007 m. sausio 10 dieną, Kaune. Į Vilniaus Universiteto ligoninės Santaros klinikų akių ligų skyrių atvyko 2021m. birželio 30d. Iš anamnezės: pradėjo skųstis OD regėjimo suprastėjimu nuo 2005 m., regėjimo aštrumas krito palaipsniui. Šeimoje visi mato gerai.

Iš pradžių liga pasireiškė tik dešinėje akyje, o kairėje akyje regėjimas buvo išlikęs geras ir objektyvių ryškių pakitimų nenustatyta (regėjimo aštrumas 2007m. OD 0,2 CC Cyl -1.5 ax90° = 0,7; OS = 1,0).

Ragenos topografijai atlikti buvo naudojamas „*ATLAS*“ aparatas, kuris remiasi Placido žiedų principu. 2008 m. dešinės akies ragenos topografija (11 pav.) rodo paracentrinį inferotemporalinį ragenos statėjimą, ryškesnį tangentiniam žemėlapyje nei ašiniame. Keratometrijos rodikliai padidėjo (*SimK*: 49,38 D ir 46,68 D), nustatytas 2,70 D rageninis astigmatizmas. Vidutinė torinė keratometrinė reikšmė (TKM) siekė 51,02 D, kas rodo padidėjusį bendrą ragenos gaubtumą. Paviršiaus reljefo žemėlapyje matomas lokalus priekinio paviršiaus iškilimas, atitinkantis kūgio lokalizaciją. Tokie radiniai atitinka ankstyvus keratokonuso topografinius požymius dešinėje akyje. Vėlesnio stebėjimo metu nustatytas laipsniškas ligos progresavimas abiejose akyse, tačiau ryškiau dešinėje (pacientės klinikinių duomenų dinamika 2007 – 2025 m. laikotarpiu pateikta 8 lentelėje). 2023 m. OD nustatytas ryškesnis lokalizuotas ragenos statėjimas, didesnės keratometrinės reikšmės ir didesnio laipsnio netaisyklingas astigmatizmas nei OS (12 pav.). Kairėje akyje ektaziniai pakitimai taip pat progresavo, tačiau buvo mažiau išreikšti. Ligai progresuojant didėjo ragenos gaubtumas, ryškėjo netaisyklingas astigmatizmas, blogėjo regėjimo aštrumas, o korekcijai buvo taikomi kieti kontaktiniai lęšiai nuo 2007 m.



11 pav. Ragenos topografiniai žemėlapiai OD 2008m.



12 pav. Ragenos topografinių žemėlapių OD ir OS palyginimas 2023m.

8 lentelė. Pacientės klinikinių duomenų dinamika

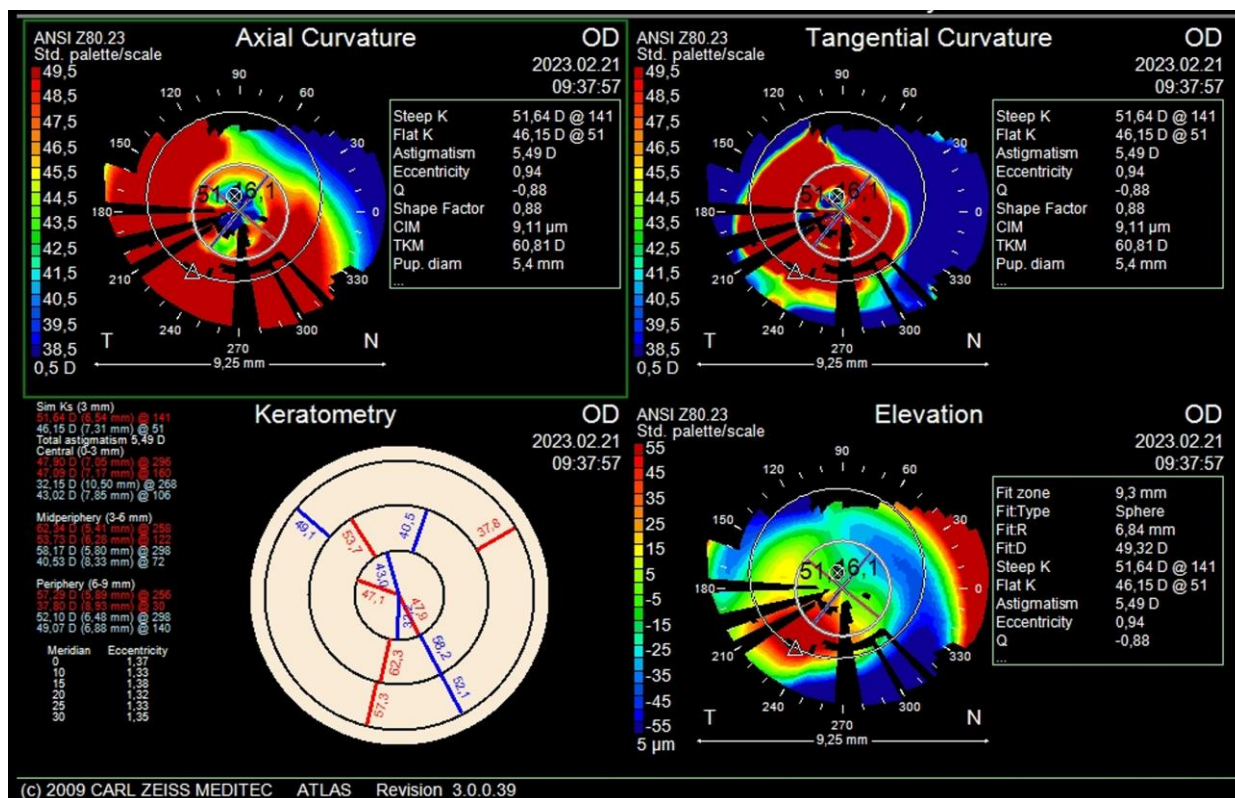
Data	V OD	V OS	Diagnozė	Pastabos
2007-01-10	0,2 cc Cyl -1,5 ax 90° = 0,7	1,0	<i>Keratoconus</i> I° OD	Abi akys ramios, ragenos skaidrios, akių dugne be patologijos. Nešiojo KL nuo 2007 m.
2008-11-08	0,2 cc Cyl -1,75 ax 95° = 0,5	1,0	<i>Keratoconus</i> I° OD	Keratokonusas nežymiai progresuojantis
2011-10-27	0,1 cc KL = 1,0	1,0	<i>Keratoconus</i> II° OD et I° OS	OD konusas suplokštėjo dėl lęšio nešiojimo.
2018-04-20	0,1 cc KL = 0,8	0,5	<i>Keratoconus</i> II° OD et I° OS	OD rageną gaubta, išplonėjus, stebimos Vogto linijos. OS padidinto gaubtumo rageną. Užsakyta OS kontaktinis lęšis
2019-10-01	0,05 cc KL = 0,9	0,3	<i>Keratoconus</i> III° OD et II° OS	OS KL nenešioja
2023-02-21	0,05 cc KL = 0,3	0,09 cc KL 0,6	<i>Keratoconus</i> IV° OD et III° OS	OD topografija prieš operaciją
2023-08-03	0,02	0,09	<i>Keratoconus</i> IV° OD et III° OS	Atlikta OD ragenos transplantacija
2023-08-22	0,1; Sph +6,0 Cyl - 9,0 ax 75°	cc KL 0,6	<i>Status post Tx corneae</i> OD; <i>Keratoconus</i> III° OS	OD akis rami, junginė vos paraudusi, ragenos transplantatas adaptuotas, descemetitas išnykęs, epitelizuota. OS rami, rageną stipriai gaubta, suplonėjusi.
2023-09-21	0,2; Sph +6,0 Cyl - 9,0 ax 75°	cc KL 0,6	<i>Status post Tx corneae</i> OD; <i>Keratoconus</i> III° OS	OD akis rami, ragenos transplantatas adaptuotas, siūlės gero įtempimo. OS rami, rageną stipriai gaubta, suplonėjusi.
2024-02-07	0,3	cc KL 0,8	<i>Status post Tx corneae</i> OD; <i>Keratoconus</i> III° OS	Naujas KL OS (EX-Z Ro 7,2 ø 9,6 sph - 1,0)
2025-07-09	0,4	0,09 cc KL 0,9	<i>Status post Tx corneae</i> OD; <i>Keratoconus</i> III° OS	Naujas KL OS (EX-Z Ro 7,2 ø 9,6 sph - 1,75), OD transplantatas adaptuotas

KL – kietas kontaktinis lęšis, Ro – bazinės kreivės spindulys, ø – diametras, sph – sferinė optinė galia

Pacientė OS lęšį nešiojo nepastoviai, nes bijojo pamesti, pernešė gerai, o OD lęšis dažnai krito iš akies. Nors kontaktiniai lęšiai kurį laiką leido pasiekti geresnį regėjimo aštrumą, ilgainiui jų korekcinis efektas tapo nepakankamas, ypač dešinėje akyje.

2023 m. prieš operaciją atliktoje OD ragenos topografijoje (13 pav.) nustatyti ryškūs pažengusio keratokonuso požymiai bei aiškus progresavimas lyginant su 2008 m. 2023 m. ašiniuose ir tangentiniuose žemėlapiuose matomas labai didelis, asimetriškas inferotemporalinis bei paracentrinis ragenos statėjimas. Keratometriniai rodikliai ženkliai padidėjo: statesniojo meridiano keratometrija (angl. *Steep*

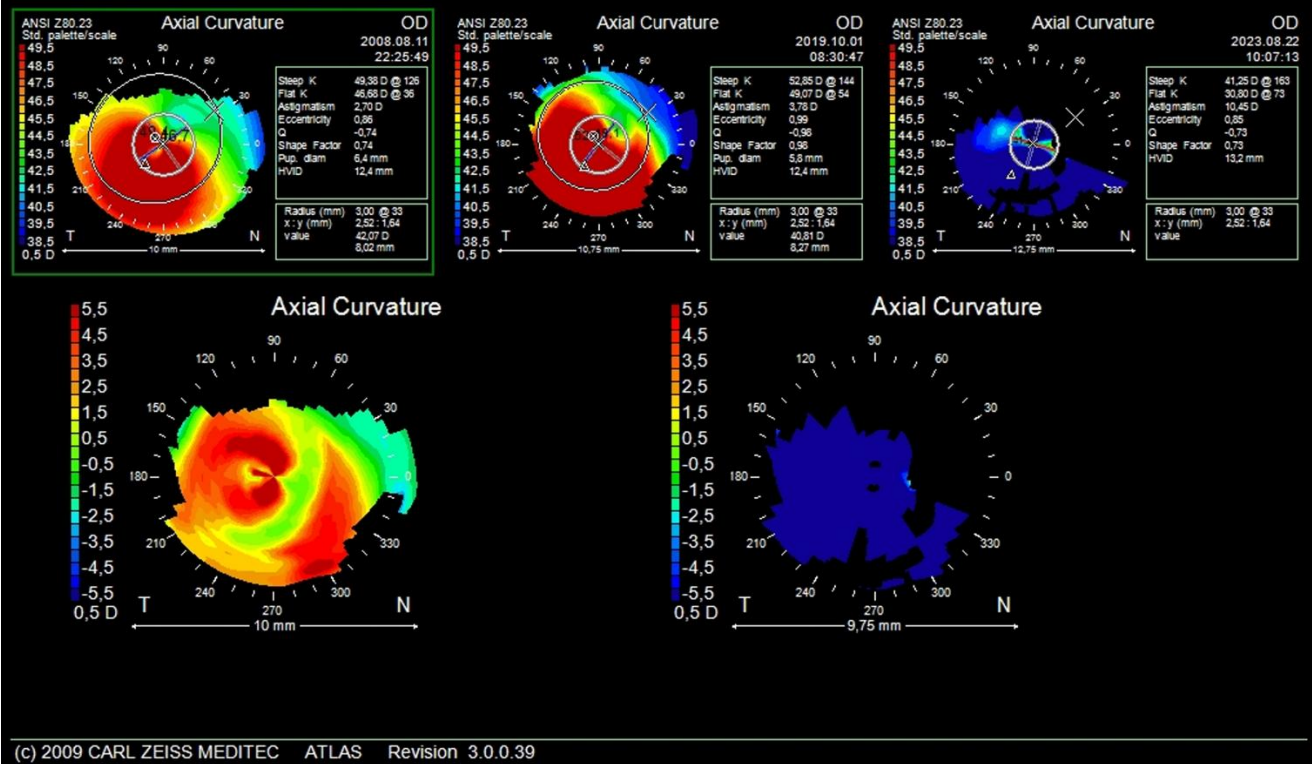
K) padidėjo 2,26 D, rageninis astigmatizmas - 2,79 D, o bendras ragenos gaubtumas pagal TKM išaugo 9,79 D, ragenos netaisyklingumo rodiklis (CIM) padidėjo 4,66 μm . Taip pat reljefo žemėlapyje matomas ryškesnis priekinio ragenos paviršiaus iškilimas kūgio srityje. Tuo metu kairėje akyje taip pat buvo nustatytas pažengęs keratokonusas (III laipsnio), tačiau mažiau nei dešinės akies.



13 pav. Ragenos topografiniai žemėlapiai OD 2023m. prieš operaciją

Dėl progresavusio IV laipsnio keratokonuso dešinėje akyje 2023-08-03 pacientei buvo atliktas ragenos persodinimas. Po operacijos stebėta palanki pooperacinė eiga: transplantatas adaptavosi, ragena epitelizavosi, uždegiminiai požymiai regresavo, o regėjimo funkcija dešinėje akyje palaipsniui gerėjo. Tolesnių kontrolinių vizitų metu dešinėje akyje nustatyta stabili būklė po ragenos transplantacijos. Ragenos topografinių žemėlapių palyginimas dešinėje akyje 2008, 2019 ir 2023 metais rodo reikšmingą ragenos gaubtumo pokytį (14 pav.). 2023-08-22 topografijoje atliktoje po ragenos transplantacijos (14 pav. dešinėje viršuje) matomas iš esmės pakitęs ragenos paviršius – keratometriniai rodikliai sumažėjo, stebimas labai didelis rageninis astigmatizmas - 10,45 D.

Kairėje akyje ir toliau išliko III laipsnio keratokonusus būdingi pakitimai – ryškus ragenos gaubtumas ir suplonėjimas, tačiau regėjimo funkciją pavyko koreguoti kietais kontaktiniais lęšiais. Ilgalaikio stebėjimo metu kairės akies būklė buvo valdoma konservatyviai, parenkant ir keičiant kontaktinius lęšius, o naujausių apžiūrų metu pacientė nusiskundimų nereiškė, kontaktinį lęšį toleravo gerai.



14 pav. Ragenos topografinių žemėlapių palyginimas OD 2008, 2019, 2023 metais.

Paskutinio vizito metu (2025 liepos mėn.) pacientė nusiskundimų neturėjo, kietą kontaktinį lęšį OS toleravo, diskomforto nejautė. Prognozė gera, jei pacientė nešios kietą kontaktinį lęšį pastoviai ir toliau pavyks tinkamai koreguoti kairės akies regėjimo aštrumą kontaktiniu lęšiu.

Apibendrinant, nagrinėtu klinikiu atveju stebėtas laipsniškai progresuojantis asimetrinis keratokonusas abiejose akyse, tačiau nevienodo sunkumo: dešinėje akyje liga progresavo iki pažengusios stadijos ir pareikalavo chirurginio gydymo, o kairėje akyje regėjimo funkciją pavyko išlaikyti taikant korekciją kietais kontaktiniais lęšiais.

APTARIMAS

Šiame darbe atlikta literatūros ir klinikinio atvejo analizė parodė, kad ragenos topografija išlieka viena svarbiausių priemonių diagnozuojant ragenos ektazines ligas, ypač keratokonusą. Klinikinio atvejo duomenys atitiko literatūroje aprašytus keratokonuso dėsningumus. Pacientei nustatytas asimetriškas, abipusis, nevienodo sunkumo keratokonusas, ryškiau išreikštas dešinėje akyje. Literatūroje nurodoma, kad keratokonusui labiausiai būdingas inferotemporalinis ar paracentrinis ragenos statėjimas, vertikali asimetrija, didėjantis nereguliarus astigmatizmas ir laipsniškas regėjimo blogėjimas (29,30). Tokie

požymiai buvo stebimi ir šiame klinikiname atvejuje: ankstyvoje stadijoje topografijoje nustatytas lokalus inferotemporalinis statėjimas, o vėlesnėse stadijose išryškėjo didesnis ragenos gaubtumas.

Literatūroje pabrėžiama, kad ragenos topografijos vertė atsiskleidžia ne tik nustatant pažengusią ligą, bet ir vertinant ankstyvus morfologinius pokyčius, ligos progresavimą bei parenkant tinkamą gydymo taktiką (22). Nagrinėtas klinikinis atvejis šias įžvalgas gerai atspindėjo, nes topografinių žemėlapių dinamika kartu su regėjimo funkcijos blogėjimu padėjo įvertinti ligos progresavimą ir parinkti tolesnį gydymą.

Tai ypač išryškėjo lyginant abiejų akių būklę. Dešinėje akyje pažengę topografiniai pokyčiai ir nepakankamai koreguojamas regėjimo aštrumas kietais kontaktiniais lęšiais pagrindė invazyvesnio gydymo - ragenos transplantacijos - poreikį. Tuo tarpu kairėje akyje pakako konservatyvių priemonių - kietų kontaktinių lęšių. Taigi šis atvejis parodė, kad topografija yra vertinga priemonė ne tik pradinei diagnostikai, bet ir ilgalaikiai ligos stebėsenai bei ligos sunkumo įvertinimui.

Literatūros duomenys rodo, kad ragenos topografija svarbi ir kitų ektazinių ragenos būklių diagnostikoje. Peliucidinei kraštinei ragenos degeneracijai būdingas apatinės periferinės ragenos plonėjimas ir specifinis „krabo žnyplių“ tipo topografinis vaizdas (8,51), kuris padeda ją diferencijuoti nuo keratokonuso. Jatrogeninės ektazijos atveju topografija ir tomografija ypač svarbios tiek prieš refrakcines operacijas vertinant ektazijos riziką, tiek po operacijos, kai progresuojantis ragenos statėjimas, plonėjimas ir didėjantis netaisyklingas astigmatizmas leidžia įtarti pooperacinę ektaziją (53,56). Taigi šių būklių diagnostikoje topografiniai žemėlapiai yra reikšmingi ne tik nustatant patologinius pokyčius, bet ir diferencijuojant skirtingas ektazijų formas.

Vis dėlto literatūros šaltiniai rodo, kad vien priekinio ragenos paviršiaus analizės nepakanka, ypač vertinant ankstyvas ar subklinikines ektazijos formas. Placido principu veikiantys prietaisai pateikia informaciją tik apie priekinį ragenos paviršių, o tomografinės technologijos leidžia įvertinti ir užpakalinį paviršių bei pachimetrinius rodiklius, kurie gali pakisti anksčiau nei priekinio paviršiaus gaubtumas (11,16). Todėl ankstyvųjų pakitimų diagnostikai didesnę pranašumą turi tomografinis ir kompleksinis vertinimas (7).

Kita vertus, keratokonuso diagnostika negali būti grindžiama vienu parametru ar vienu indeksu, nes topografiniai rodikliai priklauso nuo naudojamo aparato (46), o universalaus žymens ankstyvai ektazijai nustatyti nėra. Dėl to patikimiausia diagnostika remiasi kompleksiniu klinikinių ir instrumentinių duomenų vertinimu (23,58).

Šio darbo klinikinio atvejo stebėsenai buvo naudotas Placido principu veikiantis topografas, todėl vertintas tik priekinis ragenos paviršius. Nors tai riboja galimybę vertinti pačius ankstyviausius

struktūrinius pakitimus, atvejis aiškiai parodė, kad ragenos topografija išlieka labai naudinga diagnozuojant kliniškai išreikštą keratokonusą, stebint jo eigą ir sprendžiant dėl gydymo.

IŠVADOS

1. Literatūros ir klinikinio atvejo analizė patvirtino, kad ragenos topografija yra vienas svarbiausių neinvazinių metodų ragenos ligų diagnostikoje. Šis tyrimas yra ypač reikšmingas diagnozuojant ragenos ektazines ligas (keratokonusą, peliucidinę kraštinę ragenos degeneraciją bei jatrogeninę ektaziją), vertinant rageninį astigmatizmą, stebint ligos eigą bei gydymo rezultatus.
2. Topografiniai rodikliai ir indeksai padeda kiekybiškai įvertinti ragenos struktūrinius pakitimus, tačiau nei vienas atskiras parametras nėra pakankamas savarankiškai diagnozei, todėl juos būtina vertinti kompleksiskai.
3. Tangentiniai žemėlapiai yra tikslesni ir jautresni už ašinius nustatant lokalizuotus ektazinius ragenos pokyčius, todėl jie ypač naudingi ankstyvų keratokonuso požymių diagnostikai.
4. Ankstyvų ir subklinikinių ektazinių pakitimų diagnostikai vien priekinio ragenos paviršiaus analizės, kurią suteikia Placido principu paremta topografija, nepakanka, nes pirmieji keratokonuso požymiai gali pasireikšti užpakalinio ragenos paviršiaus reljefo ir pachimetrijos pokyčiais. Šiuos pokyčius leidžia įvertinti ragenos tomografija, todėl didžiausią diagnostinę vertę turi topografinių ir tomografinių duomenų visuminis vertinimas.
5. Tikslī ankstyvo, subklinikinio ar *form fruste* keratokonuso diagnostika yra būtina refrakcinės chirurgijos kandidatų atrankai, nes leidžia nustatyti pacientus, kuriems gali būti padidėjusi jatrogeninės ektazijos rizika. Todėl šiuolaikinėje klinikinėje praktikoje ragenos topografija ir tomografija yra neatsiejama saugios refrakcinės chirurgijos planavimo dalis.

REKOMENDACIJOS

1. Klinikinėje praktikoje, vertinant įtariamą ankstyvą ar subklinikinę ragenos ektaziją bei atliekant refrakcinės chirurgijos kandidatų atranką, rekomenduojama neapsiriboti vien priekinio ragenos paviršiaus topografija, bet taikyti kompleksinį tomografinių ir pachimetrinių duomenų vertinimą.
2. Topografiniai ir tomografiniai indeksai gali būti naudinga pagalbinė diagnostinė priemonė; juos rekomenduojama interpretuoti kartu su topografiniais žemėlapiais bei klinikiniais požymiais.
3. Pacientams, kuriems nustatyta ragenos ektazija, ragenos topografiją tikslinga naudoti ne tik pradinei diagnostikai, bet ir ilgalaikiai ligos eigos bei gydymo rezultatų stebėsenai, vertinant topografinių žemėlapių ir keratometrinių rodiklių dinamiką.

4. Ateityje tikslinga plačiau tirti dirbtinio intelekto metodų taikymą, derinant topografinius, tomografinius ir biomechaninius duomenis, siekiant pagerinti ankstyvų ir subklinikinių ektazinių pakitimų diagnostiką (43).

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Kancierz P, Khoramnia R, Wang X. Current Developments in Corneal Topography and Tomography. *Diagnostics*. 2021 m. rugpjūčio 13 d.;11(8):1466. doi:10.3390/diagnostics11081466
2. Roberts CJ, Dupps WJ. Biomechanics of corneal ectasia and biomechanical treatments. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2014 m. birželio;40(6):991–8. doi:10.1016/j.jcrs.2014.04.013
3. Nath S, Shen C, Koziarz A, Banfield L, Fava MA, Hodge WG. Transepithelial versus epithelium-off corneal collagen cross-linking for corneal ectasia: protocol for a systematic review, meta-analysis and trial sequential analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open*. 2019 m. gegužės;9(5):e025728. doi:10.1136/bmjopen-2018-025728
4. Piñero DP, Nieto JC, Lopez-Miguel A. Characterization of corneal structure in keratoconus. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2012 m. gruodžio;38(12):2167–83. doi:10.1016/j.jcrs.2012.10.022
5. Martínez-Abad A, Piñero DP. New perspectives on the detection and progression of keratoconus. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2017 m. rugsėjo;43(9):1213–27. doi:10.1016/j.jcrs.2017.07.021
6. Torricelli AAM, Bechara SJ, Wilson SE. Screening of Refractive Surgery Candidates for LASIK and PRK. *T. 33*. 2014 m.;33(10).
7. Niazi S, Jiménez-García M, Findl O, Gatzoufas Z, Doroodgar F, Shahriari MH, ir kt. Keratoconus Diagnosis: From Fundamentals to Artificial Intelligence: A Systematic Narrative Review. *Diagnostics*. 2023 m. rugpjūčio 21 d.;13(16):2715. doi:10.3390/diagnostics13162715
8. Salmon JF. *Cornea. Kanski's clinical ophthalmology: a systematic approach*. Tenth Edition. Elsevier; 2025. p. 205–73.
9. Sridhar U, Tripathy K. Corneal Topography. *StatPearls* [Prieiga per internetą]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [žiūrėta 2026 m. sausio 27 d.]. Adresas: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585055/> PubMed PMID: 36251835.
10. Nautiyal D, Gaba S, Jain U. Exploring biomarkers for keratoconus: current insights and future directions. *Mol Biol Rep*. 2026 m.;53(1). doi:10.1007/s11033-025-11262-z
11. Cavas-Martínez F, De La Cruz Sánchez E, Nieto Martínez J, Fernández Cañavate FJ, Fernández-Pacheco DG. Corneal topography in keratoconus: state of the art. *Eye and Vis*. 2016 m. gruodžio;3(1):5. doi:10.1186/s40662-016-0036-8

12. Doctor K, Vunnava K, Shroff R, Kaweri L, Lalgudi V, Gupta K, ir kt. Simplifying and understanding various topographic indices for keratoconus using Scheimpflug based topographers. *Indian J Ophthalmol*. 2020 m.;68(12):2732. doi:10.4103/ijo.IJO_2111_20
13. Martin R. Cornea and anterior eye assessment with placido-disc keratoscopy, slit scanning evaluation topography and scheimpflug imaging tomography. *Indian Journal of Ophthalmology*. 2018 m. kovo;66(3):360–6. doi:10.4103/ijo.IJO_850_17
14. Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. *Journal Français d'Ophthalmologie*. 2019 m. gruodžio;42(10):e439–51. doi:10.1016/j.jfo.2019.09.001
15. Corbett MC, Rosen E, O'Brart D. Corneal topography. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2019.
16. Fan R, Chan TC, Prakash G, Jhanji V. Applications of corneal topography and tomography: a review. *Clinical Exper Ophthalmology*. 2018 m. kovo;46(2):133–46. doi:10.1111/ceo.13136
17. Prakash G, Feldman BH, Chen M. Corneal Topography. EyeWiki [Prieiga per internetą]. American Academy of Ophthalmology; 2026. Adresas: https://eyewiki.org/Corneal_Topography
18. Chen A, Srikumaran D, Syed ZA, Belin M. Guide to Pentacam Interpretation for Keratoconus and Corneal Ectasia. *Cornea Open*. 2025 m. gruodžio;4(4). doi:10.1097/coa.0000000000000071
19. Heidari Z, Mohammadpour M, Amanzadeh K, Fotouhi A. Evaluation of corneal topographic, tomographic and biomechanical indices for detecting clinical and subclinical keratoconus: a comprehensive three-device study. *Int J Ophthalmol*. 2021 m. vasario 18 d.;14(2):228–39. doi:10.18240/ijo.2021.02.08
20. Kobashi H, Kamiya K, Igarashi A, Ishii R, Sato N, Wang G, ir kt. Comparison of corneal power, corneal astigmatism, and axis location in normal eyes obtained from an autokeratometer and a corneal topographer. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2012 m. balandžio;38(4):648–54. doi:10.1016/j.jcrs.2011.11.026
21. Devarajan D, Rajagopala M. Effect of Anjana Kriyakalpa in refractive errors: Evaluation through refraction and corneal topography indices - A case series. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*. 2025 m. gegužės;16(3):101128. doi:10.1016/j.jaim.2025.101128
22. Dina MS, Marinescu MC, Corbu CG, Constantin MM, Tataru CI, Tataru CP. Corneal Topography – a Review of Available Investigation Methods and Impact in the Diagnosis and Follow-Up of Keratoconus. *Maedica*. 2025 m. kovo 15 d.;20(2). doi:10.26574/maedica.2025.20.2.374

23. Gomes JAP, Tan D, Rapuano CJ, Belin MW, Ambrósio R, Guell JL, ir kt. Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *Cornea*. 2015 m. balandžio;34(4):359–69. doi:10.1097/ICO.0000000000000408
24. Huseynli S, Abdulaliyeva F. Evaluation of Scheimpflug Tomography Parameters in Subclinical Keratoconus, Clinical Keratoconus and Normal Caucasian Eyes. *tjo*. 2018 m. birželio 29 d.;48(3):99–108. doi:10.4274/tjo.89587
25. Masiwa LE, Moodley V. A review of corneal imaging methods for the early diagnosis of pre-clinical Keratoconus. *Journal of Optometry*. 2020 m. spalio;13(4):269–75. doi:10.1016/j.optom.2019.11.001
26. Gurnani B, Kaur K. Astigmatism. StatPearls [Prieiga per internetą]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [žiūrėta 2026 m. kovo 25 d.]. Adresas: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582142/> PubMed PMID: 35881747.
27. Read SA, Collins MJ, Carney LG. A review of astigmatism and its possible genesis. *Clinical and Experimental Optometry*. 2007 m. sausio 1 d.;90(1):5–19. doi:10.1111/j.1444-0938.2007.00112.x
28. Ueno Y, Nomura R, Hiraoka T, Kinoshita K, Ohara M, Oshika T. Comparison of corneal irregular astigmatism by the type of corneal regular astigmatism. *Sci Rep*. 2021 m. rugpjūčio 4 d.;11(1):15769. doi:10.1038/s41598-021-95358-z
29. Santodomingo-Rubido J, Carracedo G, Suzaki A, Villa-Collar C, Vincent SJ, Wolffsohn JS. Keratoconus: An updated review. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2022 m. birželio;45(3):101559. doi:10.1016/j.clae.2021.101559
30. Asimellis G, Kaufman EJ. Keratoconus. StatPearls [Prieiga per internetą]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [žiūrėta 2026 m. vasario 26 d.]. Adresas: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470435/> PubMed PMID: 29262160.
31. Hashemi H, Heydarian S, Hooshmand E, Saatchi M, Yekta A, Aghamirsalim M, ir kt. The Prevalence and Risk Factors for Keratoconus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cornea*. 2020 m. vasario;39(2):263–70. doi:10.1097/ICO.0000000000002150
32. Galgauskas S, Paulaitytė G. Updates on keratoconus diagnosis and treatment. *Journal of Medical Sciences*. 2019 m. gegužės 23 d.;7(11).
33. Galgauskas S, Valatkienė I. Ragenos naujadarų kraujagyslių išsivystymas keratokonusą turinčiam pacientui nešiojančiam kietus kontaktinius lęšius: klinikinis atvejis. *LS*. 2017 m. lapkričio 21 d.;16(3–4):188–92. doi:10.15388/LietChirur.2017.11026
34. Singh RB, Koh S, Sharma N, Woreta FA, Hafezi F, Dua HS, ir kt. Keratoconus. *Nat Rev Dis Primers*. 2024 m. spalio 24 d.;10(1):81. doi:10.1038/s41572-024-00565-3

35. Tummanapalli SS, Potluri H, Vaddavalli PK, Sangwan VS. Efficacy of axial and tangential corneal topography maps in detecting subclinical keratoconus. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2015 m. spalio;41(10):2205–14. doi:10.1016/j.jcrs.2015.10.041
36. Sideroudi H, Labiris G, Giarmoukakis A, Bougatsou N, Kozobolis V. Contribution of Reference Bodies in Diagnosis of Keratoconus. *OVS*. 2014 m. birželio;91(6):676–81. doi:10.1097/OPX.0000000000000258
37. Smadja D, Santhiago MR, Mello GR, Krueger RR, Colin J, Touboul D. Influence of the Reference Surface Shape for Discriminating Between Normal Corneas, Subclinical Keratoconus, and Keratoconus. *J Refract Surg*. 2013 m. balandžio;29(4):274–81. doi:10.3928/1081597X-20130318-07
38. Muftuoglu O, Ayar O, Ozulken K, Ozyol E, Akıncı A. Posterior corneal elevation and back difference corneal elevation in diagnosing forme fruste keratoconus in the fellow eyes of unilateral keratoconus patients. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2013 m. rugsėjo;39(9):1348–57. doi:10.1016/j.jcrs.2013.03.023
39. Shirzadeh E, Akaberi A, Jafarinasab M, Feizi S, Karimian F, Hasanpour H. Sensitivity and specificity of posterior and anterior corneal elevation measured by Orbscan in diagnosis of clinical and subclinical keratoconus. *J Ophthalmic Vis Res*. 2015 m.;10(1):10. doi:10.4103/2008-322X.156085
40. Golan O, Hwang ES, Lang P, Santhiago MR, Abulafia A, Touboul D, ir kt. Differences in Posterior Corneal Features Between Normal Corneas and Subclinical Keratoconus. *J Refract Surg*. 2018 m. spalio;34(10):664–70. doi:10.3928/1081597X-20180823-02
41. Elkitkat RS, Gharieb HM, Othman IS. Accuracy of the posterior corneal elevation values of Pentacam HR from different reference surfaces in early ectasia diagnosis. *Int Ophthalmol*. 2021 m. vasario;41(2):629–38. doi:10.1007/s10792-020-01618-8
42. Randleman JB, Susanna BN, Hammoud B, Dutra BAL, Scarcelli G, Santhiago MR, ir kt. Evaluating the Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases Agreements Reached on Subclinical Keratoconus. *American Journal of Ophthalmology*. 2025 m. liepos;275:27–35. doi:10.1016/j.ajo.2025.03.013
43. Maile H, Li JPO, Gore D, Leucci M, Mulholland P, Hau S, ir kt. Machine Learning Algorithms to Detect Subclinical Keratoconus: Systematic Review. *JMIR Med Inform*. 2021 m. gruodžio 13 d.;9(12):e27363. doi:10.2196/27363
44. Ganesh M, Arora R, Titiyal JS. Combined corneal biomechanical and tomographical indices in subclinical and forme fruste keratoconus. *Indian Journal of Ophthalmology*. 2024 m. rugsėjo;72(9):1337–45. doi:10.4103/IJO.IJO_766_24

45. Parrey MUR, Alenezi HN, Salah R, Abdul-Latif MM, Hussain MA, Ismail M, ir kt. Cutting-Edge Diagnostic Innovations: A Meta-Analysis of Early Keratoconus Detection. TPM–Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology. 2025 m.;32:1903–8.
46. Shetty R, Rao H, Khamar P, Sainani K, Vunnava K, Jayadev C, ir kt. Keratoconus Screening Indices and Their Diagnostic Ability to Distinguish Normal From Ectatic Corneas. American Journal of Ophthalmology. 2017 m. rugsėjo;181:140–8. doi:10.1016/j.ajo.2017.06.031
47. Norris N. The Second Global Consensus on Keratoconus. EuroTimes [Prieiga per internetą]. 2025 m. gruodžio 1 d. [žiūrėta 2026 m. gegužės 6 d.]. Adresas: <https://www.esrcs.org/channels/eurotimes-articles/the-second-global-consensus-on-keratoconus>
48. Belin M, Kundu G, Shetty N, Gupta K, Mullick R, Thakur P. ABCD: A new classification for keratoconus. Indian J Ophthalmol. 2020 m.;68(12):2831. doi:10.4103/ijo.IJO_2078_20
49. Wang J, Li Z, Zhang H, Gao N, Mu G. Whether Keratectasia Area Shown in Corneal Topography Is Appropriate for Evaluating the Effect of Corneal Cross-Linking for Keratoconus: A 12-Month Follow-Up Study. BioMed Research International. 2019 m. balandžio 3 d.;2019:1–5. doi:10.1155/2019/1762537
50. Duncan JK, Belin MW, Borgstrom M. Assessing progression of keratoconus: novel tomographic determinants. Eye and Vis. 2016 m. gruodžio;3(1):6. doi:10.1186/s40662-016-0038-6
51. Sahu J, Raizada K. Pellucid Marginal Corneal Degeneration. StatPearls [Prieiga per internetą]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [žiūrėta 2026 m. vasario 24 d.]. Adresas: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562314/> PubMed PMID: 32965985.
52. Hatch KM, Ling JJ, Wiley WF, Cason J, Ciralsky JB, Nehls SM, ir kt. Diagnosis and management of postrefractive surgery ectasia. J Cataract Refract Surg. 2022 m. balandžio;48(4):487–99. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000000808
53. Moshirfar M, Tukan AN, Bundogji N, Liu HY, McCabe SE, Ronquillo YC, ir kt. Ectasia After Corneal Refractive Surgery: A Systematic Review. Ophthalmol Ther. 2021 m. gruodžio;10(4):753–76. doi:10.1007/s40123-021-00383-w
54. Santhiago M, Giacomini N, Smadja D, Bechara S. Ectasia risk factors in refractive surgery. OPTH. 2016 m. balandžio;713. doi:10.2147/OPTH.S51313
55. Jaskiewicz-Rajewicz K, Wysocka A, Maleszka-Kurpiel M, Matuszewska-Mach E, Wozniak J, Ploski R, ir kt. Shared molecular profiles of post-laser vision correction ectasia and keratoconus with key differences in CADPS, CPT1B, CIITA, and TBC1D4. Front Mol Biosci. 2025 m. rugpjūčio 6 d.;12:1616675. doi:10.3389/fmolb.2025.1616675

56. Giri P, Azar DT. Risk profiles of ectasia after keratorefractive surgery. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2017 m. liepos;28(4):337–42. doi:10.1097/ICU.0000000000000383
57. Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk Assessment for Ectasia after Corneal Refractive Surgery. *Ophthalmology*. 2008 m. sausio;115(1):37-50.e4. doi:10.1016/j.optha.2007.03.073
58. Henriquez MA, Hadid M, Izquierdo L. A Systematic Review of Subclinical Keratoconus and Forme Fruste Keratoconus. *J Refract Surg*. 2020 m. balandžio;36(4):270–9. doi:10.3928/1081597X-20200212-03

PRIEDAI

1 priedas. *Dirbtinio intelekto naudojimo deklaracija*

Dirbtinio intelekto (DI) įrankiai („*ChatGPT*“) šiame tyrime buvo naudojami tik kaip pagalbinė priemonė teksto redagavimui, kalbos taisymui ir struktūros tobulinimui. Visi DI pateikti pasiūlymai buvo kritiškai įvertinti, patikrinti ir koreguoti autoriaus. Dirbtinis intelektas nebuvo naudotas kaip savarankiškas mokslinių išvadų šaltinis.

2 priedas. *Vilniaus Universiteto Ligoninės Santaros Klinikų išduotas sutikimas duomenų naudojimui*



Vilniaus universiteto ligoninė
SANTAROS KLINIKOS



Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto
Dekanui prof. Daliui Jatužiui
El. paštu: mf@mf.vu.lt

2026-03- Nr. SR-
Į 2026-03-25 prašymą

Kopija
Rūtai Valiukevičiūtė
El. paštu: ruta.valiukeviciute@mf.stud.vu.lt

DĖL MOKSLINIO TYRIMO

Vilniaus universiteto ligoninė Santaros klinikos sutinka, kad Vilniaus Universiteto Medicinos fakulteto VI kurso studentė **Rūta Valiukevičiūtė** rengdama mokslinį darbą „Ragenos topografija ragenos ligų diagnostikoje“ naudotų nuasmenintus prašyme pateiktos pacientės duomenis. Už studentei teikiamų duomenų apimtį ir konfidencialumo užtikrinimą atsakingas darbo vadovas Saulius Galgauskas.

Konfidencialios informacijos naudojimas turi būti užtikrintas.

Direktorė valdymui

Jolita Jakutienė

A. Čiužauskaitė, el. p. airida.ciuzauskaite@santa.lt



Viešoji įstaiga
Santariškių g. 2,
LT-08406 Vilnius
Tel. +370 5 236 5000

El.p. info@santa.lt
www.santa.lt
E. pristatymo dėžutės
adresas 124364561

Duomenys kaupiami
ir saugomi Juridinių
asmenų registre
Kodas 124364561

