

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE  
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**REDZES ASUMA, REFRAKCIJAS, RADZENES  
STĀVUMA UN BIEZUMA IZMAIŅAS ATKARĪBĀ NO  
KERATOKONUSA VIRSTONES ATRAŠANĀS VIETAS**

BAKALaura DARBS

Autors: **Daniela Reihenhaha**

Studenta apliecības Nr.: dr15010

Darba vadītājs: doktorante, Prof.mag. Sanita Līduma

RĪGA 2018

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs ir sarakstīts latviešu valodā uz 30 lappusēm, satur 11 attēlus, 4 tabulas un 24 atsauces uz literatūras avotiem.

**Mērķis:** izpētīt redzes asuma, refrakcijas, radzenes stāvuma un biezuma izmaiņas atkarībā no tā, kur uz radzenes atrodas keratokonusa virsotne un salīdzināt iegūtos datus.

**Metode:** tika analizētas keratokonusa pacietu kartes, lai noskaidrotu, kā mainās redzes asums, refrakcija, radzenes stāvums un biezums atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas.

**Rezultāti:** keratokonusa virsotne statistiski nozīmīgi ietekmē redzes asumu ( $p=0,0041$ ), refrakciju ( $p=0,006$ ) un radzenes stāvumu ( $p=0,00000005$ ), taču ne radzenes biezumu ( $p=0,63$ ).

**Atslēgas vārdi:** keratokonuss, virsotne centrā, virsotne perifērijā, redzes asums, refrakcija, radzenes stāvums, radzenes biezums.

## ABSTRACT

Bachelor's paper has been written in Latvian and consists of 30 pages, contains 11 figures, 4 tables and 24 bibliographic sources.

**Purpose:** to find out how does visual acuity, refraction, corneal steepness and thickness change depending on the keratoconus apex position and to compare the data.

**Method:** The keratoconus patient cards have been analyzed to find out how does visual acuity, refraction, corneal steepness and thickness change depending on the keratoconus apex position.

**Results:** The position of the keratoconus apex has a statistically significant impact on visual acuity ( $p=0,0041$ ), refraction ( $p=0,006$ ) and corneal steepness ( $p=0,00000005$ ), but not on corneal thickness ( $p=0,63$ ).

**Keywords:** keratoconus, apex at the centre, apex on the periphery, visual acuity, refraction, corneal steepness, corneal thickness.

# SATURS

IEVADS .....	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS .....	3
1.1. Normāla radzene .....	3
1.2. Keratokonuss.....	4
1.2.1. Keratokonusa saslimšana .....	4
1.2.2. Keratokonusa radītās izmaiņas .....	5
1.2.3. Keratokonusa diagnostika .....	6
1.3. Keratokonusa klasifikācija.....	9
1.4. Keratokonusa korekcija un ārstēšana.....	12
2. PĒTĪJUMA DAĻA .....	14
2.1. Dalībnieki.....	14
2.2. Pētījuma metode.....	15
2.3. Datu apstrāde.....	15
2.4. Rezultāti un datu analīze .....	16
2.4.1. Redzes asuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas .....	16
2.4.2. Refrakcijas izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas .....	18
2.4.3. Radzenes stāvuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas .....	20
2.4.4. Radzenes biezuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas.....	22
2.5. Diskusija.....	24
SECINĀJUMI.....	26
NOBEIGUMS .....	27
PATEICĪBA .....	28
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	29

## IEVADS

Keratokonuss ir viens no radzenes ektāzijas veidiem, no kura cieš tieši gados jaunie pacienti. Tā ir progresējoša slimība, kuras rezultātā neatgriezeniski samazinās radzenes biezums, kā rezultātā veidojas konusveida izvirzījums uz radzenes, tādējādi ietekmējot pacienta redzes kvalitāti. Šī radzenes slimība nav izārstējama, un tās etioloģiskie cēloņi joprojām nav skaidri (*Rabinowitz, 1998*).

Saslimšanai ar keratokonusu ir raksturīga augsta miopiska refrakcija un augsts iregulārais astigmatisms, kā arī samazināts redzes asums, kas būtiski ietekmē pacienta dzīves kvalitāti tieši darbaspējīgajā vecumā. Šobrīd keratokonusa diagnostikā plaši tiek izmantota radzenes topogrāfija, kurā, ar dažādu topogrāfisko karšu palīdzību, tiek izanalizēta refrakcija, radzenes biezums, konusa virsotnes atrašanās vieta uz radzenes un noteikta slimības stadija (*Piñero et al., 2012*).

Keratokonusa radītais izvirzījums maina radzenes formu – tā kļūst koniskāka. Lielākajā daļā gadījumu keratokonusa virsotne atrodas apakšējā vidus perifērajā daļā – nazālajā vai temporālajā radzenes kvadrantā. Jāņem vērā, ka retos gadījumos keratokonusa virsotne var atrasties radzenes centrālajā daļā (*Piñero et al., 2012*). Šobrīd nav zināms, kā tieši mainās pacienta redzes asums, refrakcija un radzenes biezums atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas. Konusa izvirzījumam, mainot radzenes formu, tiek izmainīta radzenes forma arī zīlītes rajonā, tādējādi konusa virsotnes lokalizācijai dažādos radzenes rajonos vajadzētu atšķirīgi mainīt iepriekšminētos parametrus. Keratokonusam progresējot vai saprotot radzenes formu keratokonusa gadījumā, iespējams, būtu sekmīgi prognozēt izmaiņas pacienta redzē un dzīves kvalitātē, kā arī tas sniegtu iespēju piedāvāt labāko korekcijas līdzekli (brilles vai kontaktlēcas) keratokonusa pacientam atkarībā no virsotnes atrašanās vietas – centrā vai perifērijā.

Pētījuma daļā tiks analizēts, kā keratokonusa virsotnes lokācija radzenes perifērajā un centrālajā daļā maina pacienta refrakciju, redzes asumu, radzenes stāvumu un biezumu.

**Darba mērķis:** izpētīt redzes asuma, refrakcijas, radzenes stāvuma un biezuma izmaiņas atkarībā no tā, kur uz radzenes atrodas keratokonusa virsotne un salīdzināt iegūtos datus.

**Izvirzītā hipotēze:** keratokonusa pacientiem ar virsotni radzenes centrā būs zemāks redzes asums, miopiskāka refrakcija, radzene būs stāvāka un plānāka salīdzinot ar pacientiem, kuriem keratokonusa virsotne atrodas radzenes perifērijā.

### **Darba uzdevumi:**

1. Radzenes topogrāfisko karšu izanalizēšana un pacientu sadale pēc keratokonusa virsotnes atrašanās vietas.

2. Apkopot datus no pacientu kartiņām par keratokonusa pacientu redzes asumu, refrakciju, radzenes stāvumu un biezumu.
3. Salīdzināt redzes asuma, refrakcijas, radzenes stāvuma un biezuma atšķirības keratokonusa pacientiem ar keratokonusa virsotni centrā un perifērijā.

# 1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

## 1.1. Normāla radzene

Radzene ir viens no ārējiem acs apvalkiem. Tā ir sfēriska, gluda, caurspīdīga, dzidra, asinsvadu nestaturoša acs struktūra, kas pasargā aci no infekcijām. Radzene perifērijā ir plakanāka, bet, virzoties uz centrālo daļu, tā kļūst stāvāka, kā rezultātā rodas asfēriska optiskā sistēma. Radzenes forma un izliekums ir atkarīgi no tās iekšējām anatomiskajām struktūrām un ārējās vides faktoriem (*DelMonte & Kim, 2011*).

Radzenes optiskais stiprums ir 40D līdz 44D, kā arī tā ir atbildīga par 70% kopējās acs refrakcijas. Radzenes biezums centrā normā ir no 551 μm līdz 565 μm, taču tās biezums pakāpeniski palielinās, virzoties uz perifēriju, kur biezums normā ir no 612 μm līdz 640 μm. Ir atklāts, ka radzenes biezums novecojot samazinās. Tās diametrs horizontāli ir no 11 mm līdz 12 mm liels, bet vertikālais radzenes diametrs ir no 9 mm līdz 11 mm liels. Radzenes priekšējās virsmas izliekums ir 7,8 mm, bet aizmugurējās virsmas 6,5 mm liels (*Sridhar, 2018*). Radzenes dzidrumu raksturo dažādi faktori, kuru skaitā tās anatomiskās struktūras. Radzene sastāv no 3 šūnu slāņiem – epitēlija, stromas un endotēlija – un diviem norobežojošajiem slāņiem – Boumena elastīgā slāņa un Descemē membrānas.

Epitēlijs ir radzenes ārējais slānis, kurš pirmais nonāk saskarē ar ārējo vidi. Tam ir svarīga loma asaru plēvītes un radzenes mijiedarbībā, no kā ir atkarīga acs refrakcijas stiprums. Epitēlija slāņa biezums ir aptuveni 40 μm – 50 μm. Epitēlija slāņa šūnas konstanti atjaunojas, jo šūnu aptuvenais dzīves ilgums ir piecas līdz septiņas dienas, līdz tās skar apoptozi (*DelMonte & Kim, 2011*).

Boumena elastīgais slānis jeb membrāna atrodas starp epitēliju un stromu. Tas ir aptuveni 15 μm biezs un atbild par radzenes formas uzturēšanu. Ja Boumena elastīgais slānis tiek traumēts, tā šūnas neregenerējas no jauna un var izveidot rētas (*DelMonte & Kim, 2011*).

Stroma ir biežākais no radzenes slāņiem, tā sastāda 80% – 85% radzenes kopējā biezuma. Stroma ir šķiedrains, spēcīgs radzenes slānis, kas sastāv no 200 – 250 atšķirīgām lamelām un atbild par radzenes biezumu un caurspīdīgumu. Lamelas ir paralēli sakārtoti kolagēna saišķi, kuras stormā ir novietotas taisnā leņķī attiecībā viena pret otru (*DelMonte & Kim, 2011*).

Descemē membrāna 7 μm bieža struktūra, taču dzīves laikā tās biezums var palielināties līdz 10 μm. Tā ir elastīga un ir veidota no IV tipa kolagēna šūnām un laminīna. Descemē membrāna norobežo stromu no endotēlija (*Sridhar, 2018*).

Endotēlijs ir radzenes dziļākais slānis. Tas vienkārtais slānis, kas sastāv no heksagonālām šūnām. Endotēlija šūnas neatjaunojas un, dzīves laikā tām kļūstot plakanākām,

pieauguša cilvēka vecumā šī radzenes slāņa biezums ir aptuveni 4  $\mu\text{m}$ . Endotēlija galvenā funkcija ir stromas dehidrēšana, kas palīdz nodrošināt caurspīdīgumu (*Sridhar, 2018*).

## 1.2. Keratokonuss

Keratokonuss ir bilaterāla, progresējoša, hroniska radzenes saslimšana, kuras etioloģijas pamatā nav infekcijas iekaisums radzenē (*Rabinowitz, 1998*). Keratokonusa saslimšana ir viena no radzenes ektāzijas veidiem, kuras rezultātā pakāpeniski notiek radzenes biezuma izmaiņas – tas samazinās jeb radzene kļūst plānāka. Radzenes biezuma samazināšanās rezultātā uz radzenes priekšējās virsmas veidojas izvirzījums, kas izraisa redzes kvalitātes pazemināšanos (*Okamoto et al., 2007*). Džons Notinghams (*John Nottingham*) savā traktātā par koniskām radzenēm 1854. gadā pirmais detalizēti aprakstīja keratokonusu (*Grzynowski & McGhee, 2013*). Slimības nosaukums ir cēlies no grieķu valodas “Kerato” (radzene) un “Konos” (konuss) (*Romero-Jiménez et al., 2010*). Keratokonusam ir raksturīga augstas pakāpes miopija, iregulārārais astigmatisms un radzenes rētošanās (*Davis et al., 2006*), kā rezultātā notiek redzes pasliktināšanās (*Rabinowitz, 1998*).

### 1.2.1. Keratokonusa saslimšana

Keratokonusa rašanos var skaidrot ar izmaiņām radzenes struktūrās – stromā, endotēlijā un Boumena elastīgajā slānī. Keratokonusa gadījumā notiek endotēlija bazālo šūnu deģenerācija, un tās virzās pretim Boumena elastīgajam slānim. Salīdzinot ar veselu radzeni, bazālo šūnu blīvums endotēlijā ir zemāks nekā normā. Boumena elastīgajā slānī ir novērojami šūnu bojājumi, kuros ir iekļuvušas kolagēna šķiedras no stromas (*Rabinowitz, 1998, Okamoto et al., 2007*). Keratokonusa gadījumā stromā ir novērojamas normāla izmēra kolagēna šķiedras, taču ar samazinātu kolagēna lamelu skaitu, kā rezultātā stroma kļūst plānāka (*Espandar & Meyer, 2010*). Neatkarīgi no iepriekš minētajām izmaiņām radzenes struktūrā, arī pārējie radzenes slāņi var iesaistīties keratokonusa patoloģiskajā procesā atkarībā no tā stadijas (*Rabinowitz, 1998*).

Ar keratokonusa saslimšanu tiek saistīta atopija, acu berzēšana un cietās kontaktlēcas. 6 – 8% gadījumos saslimšana ar keratokonusu tiek saistīta ar iedzimtību. Saslimšana ar keratokonusu skar abas acis, taču jāpiemin, ka sākotnēji keratokonuss var būt tikai vienā acī (*Rabinowitz, 1998*). Keratokonusam attīstoties, slimība skar arī otru aci (*Zadnik et al., 1996*). Salīdzinot ar citām hroniskām acu slimībām, keratokonuss parasti sāk attīstīties agrā jaunībā un turpina progresēt līdz trešajam vai ceturtajam dzīves gadu desmitam (*Mas Tur et al., 2017*). Kādā pētījumā no 64 pacientiem ar keratokonusa saslimšanu, vecuma mediāna bija 25 gadi. *Collaborative Longitudinal Evaluation Of Keratoconus (CLEK)* pētījumā vecuma mediāna no

1209 pacientiem ar keratokonusa saslimšanu, bija 39,3 gadi. Tādejādi var secināt, ka keratokonuss ir hroniska acu slimība, kura skar cilvēkus tieši darbspējīgākajos dzīves gados un būtiski ietekmē dzīves kvalitāti (*Kymes et al., 2004*).

Keratokonuss skar abus dzimumus un visas rases (*Espandar & Meyer, 2010*). *Krachmer et al.* (1984) apraksta pētījumus, kur 59,2 %, 66,7 %, 65 % un 57 % no izmeklētajiem pacientiem ar keratokonusu ir bijušas sievietes. Svarīgi pieminēt, ka tiek aprakstīti arī citi pētījumi, kuros, piemēram, 68,9 % no pacientiem ar keratokonusu ir bijuši tieši vīrieši. Var secināt, ka joprojām nav skaidrs, vai kāds no dzimumiem ar slimību slimo vairāk nekā otrs (*Romero-Jiménez et al., 2010*).

Keratokonusa izplatība un saslimstība variē. To var skaidrot ar dažādajām keratokonusa klīniskajām definīcijām un diagnosticēšanas kritērijiem, kurus izmanto dažādos pētījumos, dažādās populācijās. Balstoties uz 48 gadus vecu epidemioloģijas pētījumu Amerikas Savienotajās Valstīs (ASV), varētu secināt, ka ar keratokonusu slimo 1 no 2000 cilvēkiem, ar vidēji 2 jauniem keratokonusa slimniekiem no 100000 iedzīvotājiem gadā (*Mas Tur et al., 2017*), taču nesens pētījums Nīderlandē rāda, ka ikgadējā saslimšana ar keratokonusu un tā izplatība ir daudz lielāka. Savā pētījumā *Godefrooij et al.* (2017) nonāca pie secinājuma, ka keratokonusa izplatība Nīderlandē ir 1:375 jeb 265 gadījumi uz 100000 iedzīvotāju.

### **1.2.2. Keratokonusa radītās izmaiņas**

Keratokonusa radītās radzenes biezuma izmaiņas dažādos radzenes apgabalos ietekmē radzenes biezumu. Radzenes biezums normā vidēji ir aptuveni 529  $\mu\text{m}$ , un tā centrā ir visplānākā, un, virzoties uz perifēriju, kļūst biežāka. Izmantojot optisko pahometru, Mandels (*Mandell*) un Polse (*Polse*) atklāja, ka vidējais apikālās zonas radzenes biezums keratokoniskās radzenēs bija 377  $\mu\text{m}$  (diapazonā 130  $\mu\text{m}$  – 505  $\mu\text{m}$ ), bet veselās radzenēs vidēji 506  $\mu\text{m}$  (diapazons 430  $\mu\text{m}$  – 560  $\mu\text{m}$ ). Dažas no keratokoniskajām radzenēm atbilda veselās radzenes diapazonam, tādejādi var secināt, ka samazināts radzenes biezums nedrīkst būt vienīgais diagnozes uzstādīšanas iemesls. Pētījums parādīja atšķirību starp radzenes biezumu izvīzījuma zonā un radzenes biezumu perifērijā (35 grādu attālumā no radzenes virsotnes). Veselās radzenēs abu biezumu atšķirība bija 0,62  $\mu\text{m}$ , bet keratokonusa pacientu radzenēs atšķirība bija 165  $\mu\text{m}$  (*Szczołka-Flynn et al., 2006*). Keratokonusa gadījumā vissvarīgākais apsvēruma ir radzenes plānākā punkta atrašanās vieta. Normālā radzenē, plānākais punkts atrodas radzenes centrālajā daļā, taču patoloģiskā radzenē tas virzās uz apakšējo vai temporāli apakšējo radzenes daļu (*Mas Tur et al., 2017*).

### 1.2.3. Keratokonusa diagnostika

1938. gadā šveicietis Marks Amslers (*Marc Amsler*), izmantojot Plačido disku, pirmais aprakstīja agrīna keratokonusa radītās izmaiņas radzenē, pirms bija novērojamas biomikroskopiskas izmaiņas tās struktūrā. Viņš klasificēja keratokonusu, sadalot to klīniski atpazīstamās stadijās, kā arī sākuma stadiju, kuru var atklāt tikai izmantojot Plačido disku, izdalīja divās kategorijās – “*fruste*” keratokonuss un agrīnais keratokonuss. *Fruste* keratokonusam raksturīga 1 – 4 grādu novirze no horizontālās meridiānas Plačido diska ass, bet agrīnajam keratokonusam novērojama 4 – 8 grādu liela novirze no horizontālās mediānas Plačido diska ass (*Rabinowitz, 1998*).

Izmantojot retinoskopiju un spraugas lampas biomikroskopiju, ir iespējams diagnosticēt vai apstiprināt keratokonusa diagnozi. Šķērveida ēnas novērošana, retinoskopējot pacienta zīlītē, liecina par iregulārā astigmatisma veidošanos, taču eļļas piliena jeb *Charleaux* zīmes novērošana raisa aizdomas par keratokonusu. Vogta strijas, Fleišera gredzens, radzenes stromas plānināšanās, kā arī radzenes rētošanās ir vienas no galvenajām keratokonusa pazīmēm spraugas lampas biomikroskopijā (*Rabinowitz, 1998*). Vogta strijas ir tievas, dziļas vertikālas līnijas stromā, kuras veidojas Descemē membrānas saplākšanas rezultātā. Fleišera gredzens ir visbiežāk ir redzams vidējās keratokonusa stadijās kā dzelzs depoziiti apkārt konusam.

Šobrīd keratokonusa diagnostikā plaši tiek izmantota radzenes topogrāfija. Radzenes topogrāfija klasiski ir definēta kā neinvazīva radzenes izmeklēšanas tehnika, kura analizē gan kvalitatīvi, gan kvantitatīvi radzenes morfoloģiju. Topogrāfija sniedz iespēju aplūkot radzenes ģeometriju un ļauj izšķirt normālu radzeni no radzenes, kura ir radzenes ektāzijas riska grupā (*Cavas-Martinez et al., 2016*). Radzenes topogrāfijas darbība balstās uz radzenes priekšējās virsmas šķērsvēida atspoguļojumu joslās, kurš tiek datorizēti attēlots krāsainu topogrāfisko karšu veidā (*Ashraf et al., 2017*).

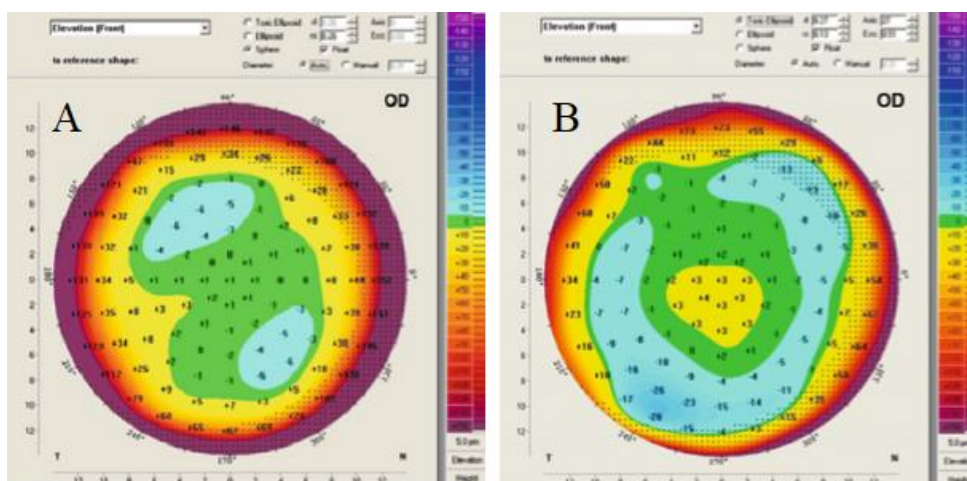
Radzenes topogrāfiem ir sekojoši darbības veidi: sistēma, kurā gaisma tiek atstarota no radzenes; sistēma, kura balstās uz gaismas spraugas projicēšanu uz radzenes virsmu; sistēma, kura balstās uz asimetrisku dažādu krāsu LED gaismas atspulgu (*Cavas-Martinez et al., 2016*).

Lai radzenes topogrāfijas karšu uzņēmumi pilnvērtīgi atspoguļotu radzenes priekšējās un aizmugurējās virsmas stāvokli, kartēm ir izveidota krāsu skala. Krāsu skala ir sadalīta trīs krāsu kategorijās – vēsās krāsas; mērenās krāsas; siltās krāsas. Vēsās krāsas (zila, violeta) norāda uz plakano izliekumu vai pacēluma rezultātiem, kuri ir mazāki kā standarta atskaites punkts. Mērenās krāsas (zaļa, dzeltena) norāda, ka radzenes izliekums vai pacēluma rezultāti atbilst standartam. Siltās krāsas (sarkana) norāda uz to, ka ir augsts izliekums un pacēluma vērtības ir augstākas nekā standarta atskaites punkts (*Cavas-Martinez et al., 2016*).

Dažādu veidu radzenes priekšējās virsmas topogrāfiskās kartes, piemēram, sagitālās, tangenciālās, pacēluma, biezuma kartes ir lietderīgas keratokonusa diagnosticēšanā un aprakstīšanā (Piñero et al., 2012).

Sagitālās un tangenciālās kartes sniedz informāciju par radzenes izliekumu. Sagitālā karte pieņem, ka radzenei viscaur ir sfēriska ģeometrija, fiksējot tos izliekuma centrus, kuri atrodas uz optiskajām asīm. Tangenciālā karte nepieņem, ka radzenei ir sfēriska ģeometrija, tāpēc, tiek izmantots tangenciālā izliekuma algoritms. Tā rezultātā tiek attēlots radzenes virsmas izliekums pēc vidējā radzenes biezuma rādiusa, kura centri neatrodas uz optiskajām asīm. Tangenciālās kartes sniedz precīzāku perifērās radzenes daļas izliekumu (Cavas-Martinez et al., 2016).

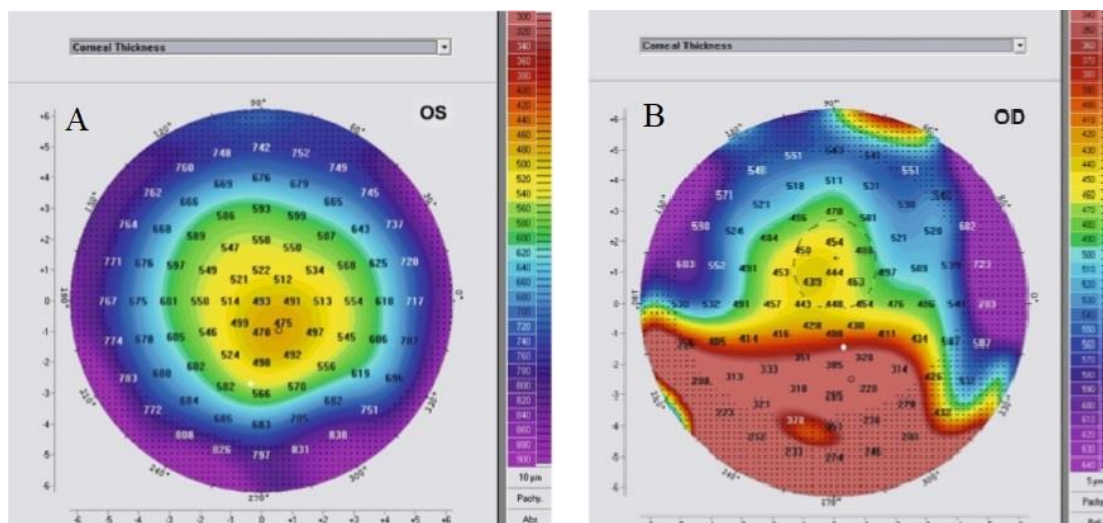
Pacēluma kartes ir vienīgās, kuras nosaka keratokonusa virsotnes atrašanās vietu uz radzenes. Pacēluma kartes var attēlot *best fit sphere* režīmā (BFS) vai arī *best fit toric ellipsoid* režīmā (BFTE) (skat. 1.1. att.). Ar BFS režīma palīdzību vislabāk var noteikt konusa atrašanās vietu, jo tiek aplūkota radzenes priekšējā virsma, savukārt izmantojot BFTE režīmu, – konusa augstumu, jo šis režīms aplūko izmaiņas tieši radzenes aizmugurējā virsmā (Sinjab, 2012).



**1.1. att.** A – pacēluma topogrāfiskā karte attēlota BFS režīmā, B – pacēluma topogrāfiskā karte attēlota BFTE režīmā (Sinjab, 2012).

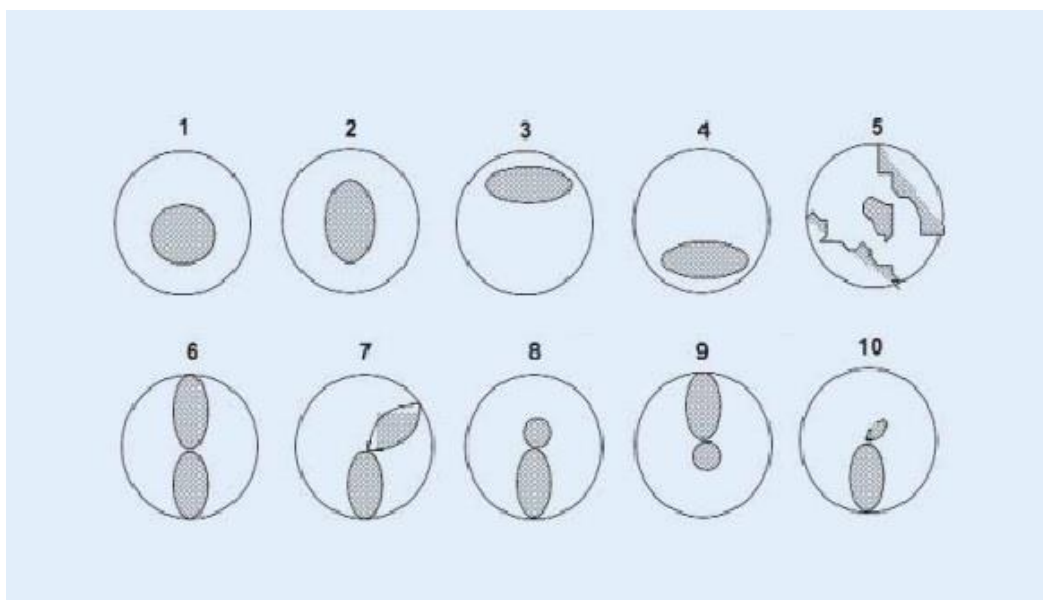
Radzenes biezuma kartes var attēlot divas formas – konisko jeb kupolveida un zvana formu. Kupolveida formas attēlojums būs redzams keratokonusa gadījumā, bet zvana formas attēlojums *Pellucid marginal degeneration* gadījumā (skat. 1.2. att) (Sinjab, 2012). *Pellucid marginal degeneration* ir keratokonusam līdzīga radzenes ektāzija, kuras rezultātā pakāpeniski samazinās radzenes biezums perifērijā. Svarīgi ir aplūkot un salīdzināt savā starpā abu acu kopējo radzenes biezumu, virsotnes atrašanās vietu un plānāko punktu katrā radzenē. Normālas

radzenes biezuma datiem savstarpēji abās acīs nevajadzētu atšķirties vairāk kā par 30  $\mu\text{m}$ , ja plānās radzenes vietas atrodas aptuveni vienādos radzenes apgabalos (*Mas Tur et al., 2017*).



**1.2. att.** A radzenes biezuma topogrāfijas karte, kurā attēlota kupolveida forma. B radzenes biezuma topogrāfiskā karte, kurā attēlota zvanveida forma (*Sinjab, 2012*).

Pacēluma (priekšējās un aizmugurējās radzenes virsmas), biezuma kartes un tangenciālās kartes tiek uzskatītas par lielisku instrumentu, kā atklāt keratokonusu tā agrīnajās stadijās. Tieši radzenes topogrāfijas kartēs, salīdzinot ar veselas radzenes radzenes topogrāfiskajiem uzņēmumiem, ir pamanāmas izmaiņas (*Piñero et al., 2012*), taču, lai šīs pārmaiņas diagnosticētu, speciālistam ir jāizprot veselas radzenes topogrāfija (skat. 1.3. att.) (*Rabinowitz, 2007*). Tajā pašā laikā, veicot biomikroskopiskos izmeklējumus acī, izmaiņas radzenē, keratokonusa agrīnajās stadijās nav novērojamas (*Rabinowitz, 1998*).



**1.3. att.** Normālas radzenes topogrāfijas veidi. 1 – apaļas formas radzene. 2 – ovālas formas radzene. 3 – stāvums augšējā daļā. 4 – stāvums apakšējā daļā. 5 – irregulāra radzene. 6 – simetriska tauriņveida radzene. 7 – simetriska tauriņveida radzene, radiālās ass asimetriskas. 8 – asimetriska tauriņveida radzene, stāvumu apakšējā daļā. 9 – asimetriska tauriņveidīga radzene, stāvums augšējā daļā. 10 – asimetriska tauriņveida radzene ar asimetriskām radiālajām asīm (Rabinowitz, 2007).

Lielākajai daļai keratokonusa pacientu topogrāfiskajās kartēs ir novērojams izvirzījums perifērajā vai vidus perifērajā radzenes zonā, kas sakrīt ar konusveida izvirzījuma atrašanās vietu, kas parasti aizņem mazāk nekā divus radzenes kvadrantus. Ja izvirzījums ir lielāks par 46,00 līdz 47,00 dioptrijām (D), tad ir nepieciešams veikt papildus testus, lai apstiprinātu keratokonusa diagnozi. (Piñero et al., 2012).

### 1.3. Keratokonusa klasifikācija

Literatūrā tiek piedāvāti dažādi veidi, kā klasificēt keratokonusu – morfoloģiski, pēc slimības attīstības un balstoties uz speciālu keratokonusa indeksu sistēmu (Romero-Jiménez et al., 2010).

Morfoloģiski keratokonusa konusus klasiski iedala – *nipple*, *oval* un *globus* tipos. *Nipple* keratokonusa konusam raksturīgs, ka konuss ir aplveida, un tā diametrs ir mazāks vai vienāds ar 5 mm. Izvirzījums atrodas centrālajā vai paracentrālajā daļā, visbiežāk apakšējā nazālajā radzenes kvadrantā. *Oval* keratokonusa konusam raksturīgs, ka konusa diametrs ir 5 mm – 6 mm. Tas plešas no paracentrālās līdz perifērajai daļai. Visbiežāk izvirzījums atrodas augšējā temporālajā radzenes kvadrantā. *Globus* tipa gadījumā konuss aizņem 75 % no radzenes (Sinjab, 2012).

Kā iepriekšējās nodaļās minēts, Marks Amslers iedalīja keratokonusu četrās klīniski atpazīstamās stadijās pēc slimības attīstības (skat. 1.1. tab.).

**1.1. tab.**

Marka Amslera aprakstītās keratokonusa stadijas (*Romero-Jiménez et al., 2010*).

Stadija	Stadijas apraksts
I	Fruste vai subklīniska stadija, kuru iespējams atklāt veicot radzenes topogrāfiju. Redzes asums = 1,0 (decimālajā sistēmā) ir iegūstams ar briļļu korekciju.
II	Agrīnā stadija, kurā ir novērojama neliela radzenes biezuma samazināšanās. Ir grūtības iegūt pietiekami augstu redzes asumu (1,0) ar briļļu korekciju.
III	Vidēja stadija. Radzenes rētošanās un necaurredzamība nav novērojama, taču ir pamanāma radzenes plānināšanās. Veicot izmeklējumus ar spraugas lampu ir novērojams Fleišera gredzens un Vogta strijas. Ar kontaktlēcu korekciju ir iespējams iegūt redzes asumu ap 1,0. Novērojams augsts iregulārais astigmātisms (2,00 D – 8,00 D)
IV	Smagā stadija. Papildus novērojams radzenes izvirzījums, kas ir lielāks par 55,00 D. Ir pamanāma radzenes rētošanās un smaga radzenes plānināšanās. Ar kontaktlēcu korekciju nav iespējams iegūt redzes asumu 1,0, iegūst redzes asumu aptuveni 0,8. Novēro Munsona zīmi.

Keratokonusus var arī klasificēt pēc *Krumeich*. Šī klasifikācija ir atkarīga no priekšējās virsmas izliekuma sagitālās kartes vidējiem keratometrijas rādījumiem (dioptrijās), radzenes biezuma tā plānākajā vietā un pacienta refrakcijas. Līdzīgi kā klasifikācijā pēc Amslera, arī *Krumeich* ir izšķīris 4 stadijas (skat. 1.2. tab.). Šī klasifikācija ir noderīga, jo tā palīdz izvēlēties labāko pieeju keratokonusa ārstēšanā (*Sinjab, 2012*).

**1.2. tab.**Keratokonusa klasifikācija pēc *Krumeich (Sinjab, 2012)*.

Stadija	Keratometrijas rādījumi (D)	Biezums( $\mu\text{m}$ )	Sfēriskais ekvivalents(D)	Radzene
4	>55	<200	Nav nomērāms	Centrā rētošanās
3	54-55	200-400	>-8,00	Nav rētošanās
2	48-53	400-500	[-5,00, -8,00]	Nav rētošanās
1	<48	>500	<-5,00	Nav rētošanās

Mūsdienās populārākais keratokonusa klasificēšanas veids ir pēc *Amsler-Krumeich* klasifikācijas. Tas ir divu iepriekš minēto klasifikāciju apvienojums vienā. *Amsler-Krumeich* klasifikācijā arī ir četras slimības stadijas, kuras raksturo pacienta refrakcija, centrālā keratometrija, radzenes rētošanās esamība un radzenes centrālais biezums (skat. 1.3. tab).

**1.3. tab.**Standarta keratokonusa klasifikācija pēc *Amsler-Krumeich (Belin & Duncan, 2016)*.

Stadija	Stadijas apraksts
I	Ekscentrisks izvirzījums; miopija/astigmatisms <5,00 D; vidējais K <48,00 D.
II	Miopija/astigmatisms >5,00 D, bet <8,00 D; vidējais K <53,00 D; radzenes rētošanās nav novērojama; keratokonusa virsotnes biezums >400 $\mu\text{m}$ .
III	Miopija/astigmatisms >8,00 D, bet <10,00 D; vidējais K >53,00 D; radzenes rētošanās nav novērojama; keratokonusa virsotnes biezums 300 - 400 $\mu\text{m}$ .
IV	Refrakcija nav nosakāma; vidējais K >53,00 D; ir redzama radzenes rētošanās; keratokonusa virsotnes biezums <300 $\mu\text{m}$ .

Klasifikācijā pēc *Amsler-Krumeich* ir savi mīnusi. Pēc tās tiek aplūkotas izmaiņas radzenes priekšējā virsmā, taču netiek iekļauta radzenes aizmugurējās virsmas datu analīze, kā arī netiek pilnībā izanalizēta visa radzenes biezuma karte. Literatūra iesaka izveidot klasifikācijas sistēmu, kura balstītos uz populāro *Amsler-Krumeich* klasifikāciju tā, lai tiktu izskausti pašreizējie trūkumi. Kā piemērus var minēt – aizmugurējās radzenes virsmas datu neaplūkošana, keratokonusa virsotnes biezuma uzskatīšana par visplānāko, nepietiekama redzes asuma aplūkošana, u.t.t. (*Belin & Duncan, 2016*). Balstoties uz 2015. gadā *Gomes et al*

pētījumu, var secināt, ka šobrīd nav klīniski adekvāta keratokonusa klasifikācijas sistēma (Gomes et al., 2015).

#### 1.4. Keratokonusa korekcija un ārstēšana

Keratokonusa ārstēšanā tiek izmantoti dažādi paņēmieni, sākot no briļļu korekcijas līdz pat ķirurģiskām operācijām. Keratokonusa ārstēšana ir atkarīga no keratokonusa stadijas (Rabinowitz, 1998). Keratokonusa agrīnajā stadijā tiek izmantota briļļu korekcija, ar kuru keratokonuss netiek ārstēts, bet gan koriģēts. Briļļu korekcijas izmantošanas ilgums ir atkarīgs no tā, cik strauji keratokonuss progresē. Tā kā keratokonusam progresējot, veidojas augsts iregulārais astigmātisms, tad pēc laika, izmantojot briļļu korekciju, vairs nav iespējams iegūt pietiekami augstu redzes asumu, un ir nepieciešams cits korekcijas līdzeklis, kurš uzlabo pacienta redzes kvalitāti. (Romero-Jiménez et al., 2010).

Kontaktlēcu korekcija tipiski spēj koriģēt iregulāro astigmātismu un uzlabot redzes asumu vairāk kā briļļu korekcija, taču kontaktlēcu korekciju iesaka izmantot, ja pacientam briļļu korekcija vairs nespēj sniegt vēlamos rezultātus. Tas ir skaidrojams ar to, ka cieto kontaktlēcu lietošana tiek asociēta ar radzenes rētošanos (Zadnik & Barr, 2010). Neskatoties uz to, par vienu no veiksmīgākajiem agrīno un vidējo keratokonusa stadiju redzes korekcijas līdzekļiem tiek uzskatīta kontaktlēcu korekcija (Romero-Jiménez et al., 2010). Agra vai vidēja keratokonusa gadījumā var izmantot mīkstās kontaktlēcas, mīkstās toriskās kontaktlēcas vai mīkstās toriskās kontaktlēcas, kuras ir specializētas tieši pacientam. Augsta iregulārā astigmatisma gadījumā nepieciešams lietot cietās gāzu caurlaidīgās (RGP) kontaktlēcas, lai tiktu mazināts augstais astigmatisms. RPG kontaktlēcām ir izveidoti dažādi dizaini keratokonusa ārstēšanai. RPG kontaktlēcu aizmugurējai virsmai ir speciāli veidots augsts centrālais izliekums, lai tā spētu piegulēt keratokonusa virsotnei, bet aizmugurējās virsmas perifērā daļai saplacināts izliekums, līdzīgs kā normālai radzenei. Hibrīda kontaktlēcas ir alternatīva RPG kontaktlēcām. Tām ir cieta centrālā daļa, bet perifērā daļa mīksta, kas padara to stabilu un ērtu uz radzenes. Kā vēl viena alternatīva tiek padāvāta *piggyback* kontaktlēcas. Tā ir kombinēta kontaktlēca, kurā mīkstā kontaktlēca piekļaujas radzenei, bet RPG kontaktlēca ir uzlikta tai pa virsu. (Espandar & Meyer, 2010)

Keratokonusa progresēšanas gadījumā nepieciešama ķirurģiska iejaukšanās. Kā viena no iespējām tiek piedāvāta ultravioleto staru kroslinkinga operācija (UV-CLX), kas aptur keratokonusa progresēšanu. Operācijas galvenais mērķis ir pacienta redzes saglabāšana tieši agrīnās vai vidējās stadijās, palielinot radzenes stingrību, kā arī tās biomehānisko stabilitāti. Kā vēl viena alternatīva tiek piedāvāta intrasomālā radzenes gredzena segmenta (ICRS) implantācija. Tas tiek izmantots, kad pacienta redze ir neapmierinoša ar briļļu korekciju un/vai

kontaktlēcu korekciju, vai kad kontaktlēcu lietošana pacientam ir nepanesama (*Ortiz-Toquero & Martin, 2017*). ICRS operācijas laikā tiek mainīta radzenes forma, paceļot radzenes plānāko daļu, tādā veidā keratokonusa virsotni pataisot plakanu. Rezultātā samazinās astigmatisms un tiek uzlabots redzes asums (*Mandathara et al., 2016*). Abas iepriekšminētās operācijas nav iespējamas, ja pacientam ir IV keratokonusa stadija ar radzenes rētošanos pēc Amsler-Krumeich klasifikācijas. (*Gore et al., 2013*)

Kā pēdējā keratokonusa ārstēšanas alternatīva, pacientiem tiek piedāvāta radzenes transplantācija (*Ortiz-Toquero & Martin, 2017*). Visbiežāk radzenes transplantāciju veic pacientiem, kuriem keratokonuss ir IV stadijā pēc *Amsler-Krumeich* klasifikācijas. Radzenes transplantācija tiek uzskatīta par visefektīvāko keratokonusa ārstniecības metodi, taču tā ir ne tikai dārga, bet arī ar lēnu, dažreiz pat nepilnīgu, atveseļošanās periodu (*Gore et al., 2013*).

## 2. PĒTĪJUMA DAĻA

### 2.1. Dalībnieki

Pētījumā tika izanalizētas “Dr. Lūkina acu klīnikas” keratokonusa pacientu kartes. Informāciju, kas atrodama pacientu kartēs, ievāca speciālisti, kuri strādā šajā klīnikā. Kopā pētījumā tika aplūkotas 52 pacientu kartes, no kurām tika iegūta informācija par 82 keratokoniskām acīm. Tā kā pētījuma mērķis ir izpētīt, kā mainās redzes asums, refrakcija, radzenes stāvums un biezums atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas, tad no pacientu kartēm tika izmantota sekojoša informācija – radzenes topogrāfijas uzņēmumi un pacienta subjektīvi noteiktā refrakcija. Dalībnieku atlasē netika ņemts vērā ne pacienta dzimums, ne vecums, taču svarīgi bija izmantot to keratokonusa pacientu kartes, kurās pacientam nav diagnosticēti radzenes apduļķojumi, jo tie papildus pazemina redzes asumu.

No radzenes topogrāfijas karšu uzņēmumiem tika izmantota informācija par pacienta radzenes biezumu tās plānākajā punktā, radzenes vidējā keratometrijas vērtība (dioptrijās), keratokonusa stadija kā arī keratokonusa virsotnes atrašanās vieta. Par keratokonusa virsotni tiek uzskatīta vieta uz radzenes, kur radzenes topogrāfijas kartē ir visaugstākā keratometrijas vērtība. Pētījumā pacienta keratokonusa virsotnes atrašanās vieta tika iedalīta vienā no diviem radzenes apgabaliem – centrālajā vai perifērajā. Pacienta keratokonusa virsotnes atrašanās vieta tika uzskatīta par centrālu, ja virsotne atradās 3 mm diametrā ap redzes asi. Pacienta keratokonusa virsotnes atrašanās vieta tika uzskatīta par perifēru, ja virsotne neatradās iepriekšminētajā 3 mm zonā ap redzes asi.

No subjektīvi noteiktās pacienta refrakcijas tika izmantota informācija par sfēras un cilindra stiprumu, lai pēc tam aprēķinātu sfērisko ekvivalentu, kā arī noteiktais redzes asums. Redzes asuma noteikšanai tika izmantota Snellena redzes tabula 3 m attālumā.

Neskatoties uz to, ka keratokonusam tiek izšķirtas 4 klīniskas stadijas, pētījumā tika analizēti pirmo trīs keratokonusa stadiju pacientu dati, jo veicot datu atlasti nebija informācija par IV stadijas pacientiem. Pacienta keratokonusa stadija tiek noteikta radzenes topogrāfijā, izmantojot radzenes topogrāfu. Līdzīgi pacientu dalījumam pēc keratokonusa virsotnes atrašanās vietas, tie sīkāk tika sadalīti pēc keratokonusa stadijas. Kopā no 82 keratokoniskām acīm – 26 acīm keratokonusa virsotne atradās radznes centrālajā daļā, bet 56 acīm virsotne atradās perifērajā daļā. Keratokonuss ar virsotni centrālajā daļā I stadijā – 5 acis, II stadijā – 4 acis, bet III stadijā – 17 acis. Keratokonuss ar virsotni perifērajā daļā I stadijā – 19 acis, II – stadijā 18 acīm, bet III stadijā 19 acīm (skat. 2.1. tab.).

## 2.1.tab.

Pacientu skaitliskais sadalījums pēc keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un keratokonusa stadijas.

Keratokonusa stadija	Pacienti ar keratokonsa virsotni radzenes centrālajā daļā	Pacienti ar keratokonsa virsotni radzenes perifērajā daļā
I	5	19
II	4	18
III	17	19
IV	-	-

## 2.2. Pētījuma metode

Pētījumā tika analizētas keratokonusa pacientu kartes, lai noskaidrotu, kā mainās redzes asums, refrakcija, radzenes stāvums un biezums atkarībā no tā, kur uz radzenes atrodas keratokonousa virsotne. No pacientu kartēm pētījumā tika aplūkota sekojoša informācija –

- subjektīvā refrakcijas korekcija;
- redzes asums ar korekciju;
- radzenes topogrāfijas dati (radzenes biezums, keratometrijas vērtība (dioptrijās), keratokonusa stadija, keratokonusa virsotnes atrašanās vieta);
- informācija par pacienta biomikroskopijas rezultātiem, lai noskaidrotu, vai pacientam ir dzidra radzene.

Pacientam refrakcijas korekcija un redzes asums tika noteikts subjektīvi, izmantojot Snellena redzes tabulu 3 m attālumā un proves lēcu kasti. Radzenes topogrāfijas dati tika iegūti izmantojot firmas “Alcon” ražoto “Wavefront Oculyzer” topogrāfu.

Pacientu karšu informācija tika dalīta divās grupās –

- keratokonuss ar virsotni radzenes centrālajā daļā;
- keratokonuss ar virsotni radzenes perifērajā daļā.

Abu grupu informācija tika sīkāk sadalīta pa keratokonusa stadijām. Pētījumā tika savāstarpēji salīdzināti un analizēti abu grupu dati, ņemot vērā keratokonusa stadiju.

## 2.3. Datu apstrāde

Iegūtie dati no pacientu kartēm tika apkopoti tabulās, izmantojot programmu Microsoft Excel. Datu grafiskajam attēlojumam tika izmantotas Microsoft Excel un RStudio programmas.

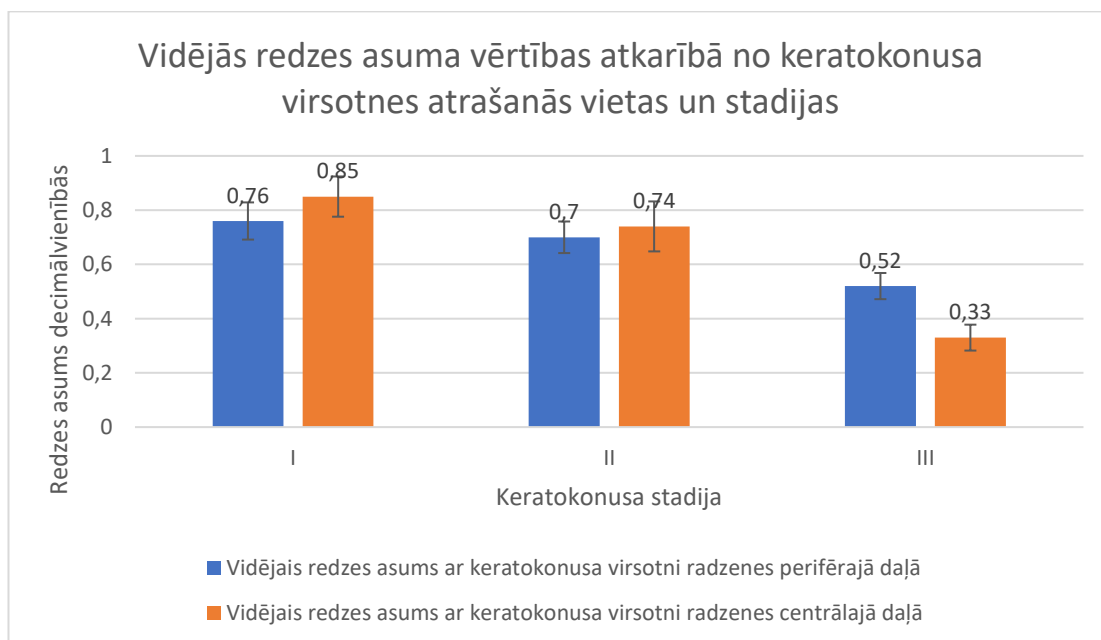
Datu analīzē tika izmantoti two – way MANOVA (turpmāk – MANOVA), two – factor ANOVA without replication (turpmāk – ANOVA) un Tukey HSD testi programmā Rstudio.

MANOVA tests ar nozīmības līmeni  $p \leq 0,05$  tika veikts, lai noskaidrotu, vai ir sagaidāma statistiski nozīmīga atšķirība redzes asumam, refrakcijai, radzenes stāvumam un biezumam atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un no keratokonusa stadijas. Tā kā gan keratokonusa virsotnes atrašanās vieta ( $p=0,000000519$ ), gan keratokonusa stadija ( $p=0,00000000313$ ) statistiski nozīmīgi ietekmē iepriekšminētos parametrus, ir nepieciešams veikt padziļinātāku datu analīzi, izmantojot ANOVA un Tukey HSD testus.

## 2.4. Rezultāti un datu analīze

### 2.4.1. Redzes asuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas

Aplūkojot visu pacientu vidējos redzes asuma rezultātus (decimālvienībās), kuri ir grafiski atspoguļoti 2.1. att., var novērot, ka, palielinoties keratokonusa stadijai, ir novērojama redzes asuma samazināšanās.

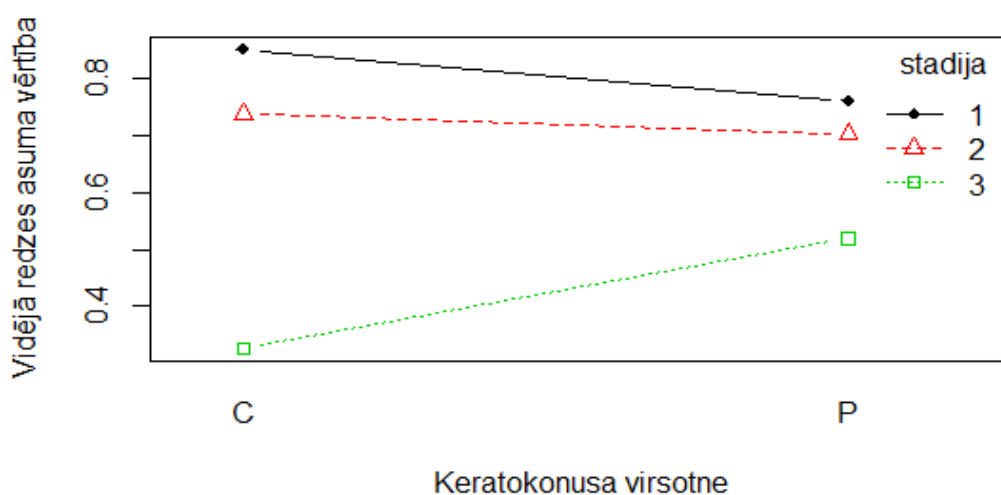


**2.1.att.** Vidējās redzes asuma vērtības ar standartnovirzi atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas.

Pacientiem ar keratokonusa virsotnes atrašanās vietu radzenes perifērajā daļā I un II stadijā novērojams zemāks redzes asums nekā pacientiem ar keratokonusa virsotni radzenes

centrālajā daļā. Perifēra keratokonusa pacientiem vidējais redzes asums ar standartnovirzi bija  $0,76 \pm 0,07$  I stadijā un  $0,70 \pm 0,06$  II stadijā, bet pacientiem ar centrālu keratokonusu attiecīgi  $0,85 \pm 0,07$  un  $0,74 \pm 0,09$ . Būtiska redzes asuma pazemināšanās ir novērojama keratokonusa III stadijā. Sasniedzot keratokonusa III stadiju, izteikti straujāk ir pazeminājies redzes asums tieši centrāla keratokonusa gadījumā. Vidējais redzes asums un standartnovirze perifēram keratokonusam III stadijā bija  $0,52 \pm 0,05$ , taču centrālam keratokonusam  $0,33 \pm 0,05$ . Redzes asums neatkarīgi no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas, palielinoties stadijai, pazemināsies, taču pēc iegūtajiem datiem var spriest, ka centrāla keratokonusa gadījumā redzes asuma pazemināšanās ir sagaidāma straujāka nekā perifēra keratokonusa gadījumā. Perifēra keratokonusa gadījumā vidējās redzes asums posmā no I līdz III stadijai ir samazinājies par 0,24 decimālām vienībām, bet centrāla keratokonusa gadījumā 0,52 decimālvienībām.

Lai noskaidrotu, vai redzes asumam pastāv statistiski nozīmīga atšķirība atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un starp keratokonusa stadijām, tika veikts ANOVA tests, kur  $p \leq 0,05$ . Tika noskaidrots, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vieta statistiski nozīmīgi ietekmē redzes asumu, jo  $p = 0,0041$ . Arī keratokonusa stadija statistiski nozīmīgi ietekmē redzes asumu, jo tika noskaidrots, ka  $p = 0,00005$ . Lai noskaidrotu, vai starp visām keratokonusa stadijām redzes asumam pastāv statistiski nozīmīga atšķirība, tika veikts Tukey HSD tests, kur  $p \leq 0,05$ . Starp I un II keratokonusa stadiju redzes asumam nebija iespējams atklāt statistiski nozīmīga atšķirību ( $p = 0,54$ ), taču situācija starp I un III, un II un III stadiju bija citādāka. Statistiski nozīmīga atšķirība redzes asumam pastāv gan starp I un III stadiju ( $p = 0,00002$ ), gan starp II un III stadiju ( $p = 0,002$ ).

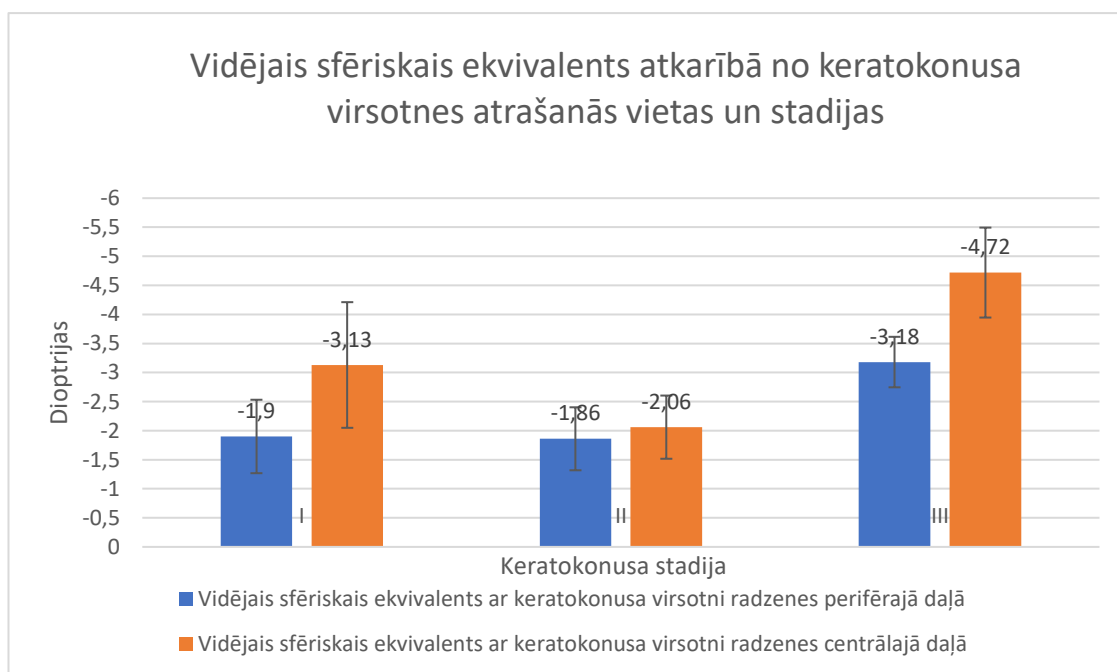


**2.2.att.** Redzes asuma (decimālvienībās) vidējo vērtību mijiedarbība atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas. C – keratokonusa virsotne centrāla; P – keratokonusa virsotne perifēra.

Aplūkojot 2.2. att., redzamas atšķirības redzes asuma izmaiņas gan starp virsotnes atrašanās vietu, gan starp stadijām. Izteikti novērojama ir redzes asuma pazemināšanās tieši keratokonusam sasniedzot III slimības stadiju. Tā kā keratokonusa virsotnes atrašanās vieta statistiski nozīmīgi ietekmē redzes asumu, pēc grafika var spriest, ka, palielinoties slimības stadijai, pacientus ar keratokonusa virsotni centrālajā daļā vairāk skars redzes asuma pazemināšanās, kā rezultātā tieši centrālu keratokonusu pavada zemāks redzes asums.

#### 2.4.2. Refrakcijas izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas

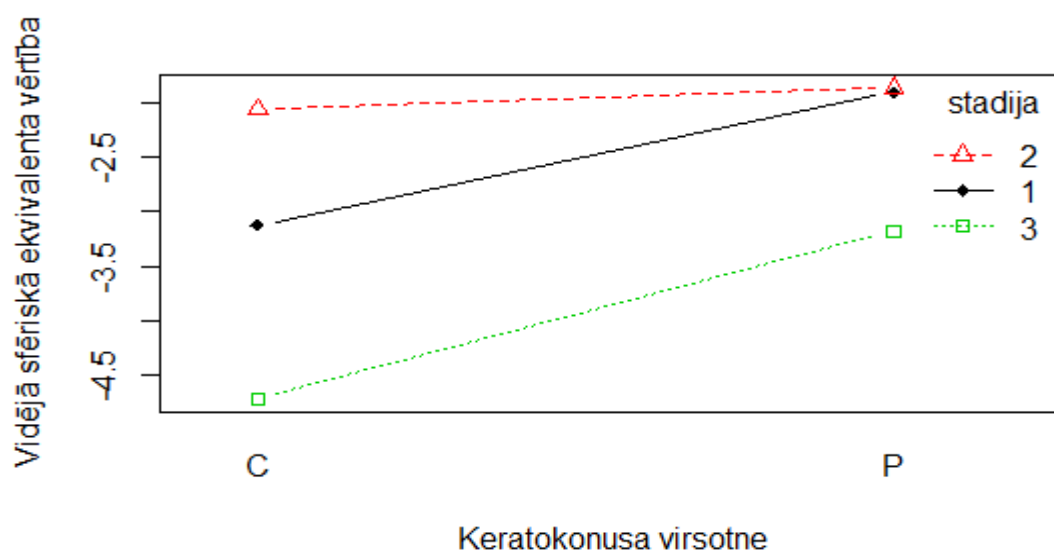
Lai savstarpēji salīdzinātu refrakcijas izmaiņas starp keratokonusa virsotnes atrašanās vietu un stadijām, tika aprēķināts pacienta sfēriskais ekvivalents (SE), pēc formulas –  $SE = \text{sfēra} + \frac{1}{2} \text{cilindrs}$ . Aplūkojot 2.3.att., var novērot, ka keratokonusa pacientu refrakcija ir miopiska, un tieši pacientiem ar centrālu keratokonusu refrakcija ir miopiskāka visās slimības stadijās, salīdzinot ar perifēra keratokonusa pacientiem.



**2.3.att.** Vidējās sfēriskā ekvivalenta vērtības ar standartnovirzi atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas.

Pacientiem ar keratokonusa virsotni radzenes centrālajā daļā vidējais sfēriskais ekvivalents ar standartnovirzi I stadijā bija  $-3,13D \pm 1,1D$ , bet pacientiem ar keratokonusu radzenes perifērajā daļā attiecīgi  $-1,90D \pm 0,63D$ . Keratokonusam sasniedzot II stadiju,

neatkarīgi no virsotnes atrašanās vietas ir novērojama miopiskā sfēriskā ekvivalenta samazināšanās. Centrāla keratokonusa gadījumā vidējais sfēriskais ekvivalents ar standartnovirzi bija  $-2,06 \pm 0,54D$ , bet perifēra keratokonusa gadījumā  $-1,86 \pm 0,54D$ . Šo sfēriskā ekvivalenta palielināšanos II stadijā var skaidrot ar to, ka pacientam tika noteikta subjektīvā refrakcija, tā kā redzes asuma uzlabojumi pie miopiskākas korekcijas netika iegūti, tika atstāta mazākā miopiskā korekcija, ar kuru tika iegūti redzes asuma uzlabojumi. Sasniedzot keratokonusa III stadiju, pacientiem ar centrālu keratokonusu vidējais sfēriskais ekvivalents ar standartnovirzi bija  $-4,72D \pm 0,77D$ , bet pacientiem ar perifēru keratokonusu  $-3,18D \pm 0,43D$ . Var novērot, ka, sasniedzot III stadiju, pacientiem ar centrālu keratokonusu refrakcija ir izteikti miopiskāka nekā pacientiem ar perifēru keratokonusu. Veicot ANOVA testu, kur  $p \leq 0,05$ , tika noskaidrots, ka keratokonusa stadijai ir statistiski nozīmīgi ietekmē refrakciju,  $p=0,03$ . Lai noskaidrotu, vai refrakcija ir ar statistiski nozīmīgu atšķirību starp keratokonusa stadijām, tika izmantots Tukey HSD tests, kur  $p \leq 0,05$ . Tika noskaidrots, ka gan starp I un II ( $p=0,95$ ), gan starp I un III ( $p=0,12$ ), gan starp II un III stadiju ( $p=0,07$ ) nav iespējams pierādīt statistiski nozīmīgu atšķirību. Izmantojot ANOVA testu, tika noskaidrots, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vieta statistiski nozīmīgi ietekmē refrakciju, jo  $p=0,006$ .



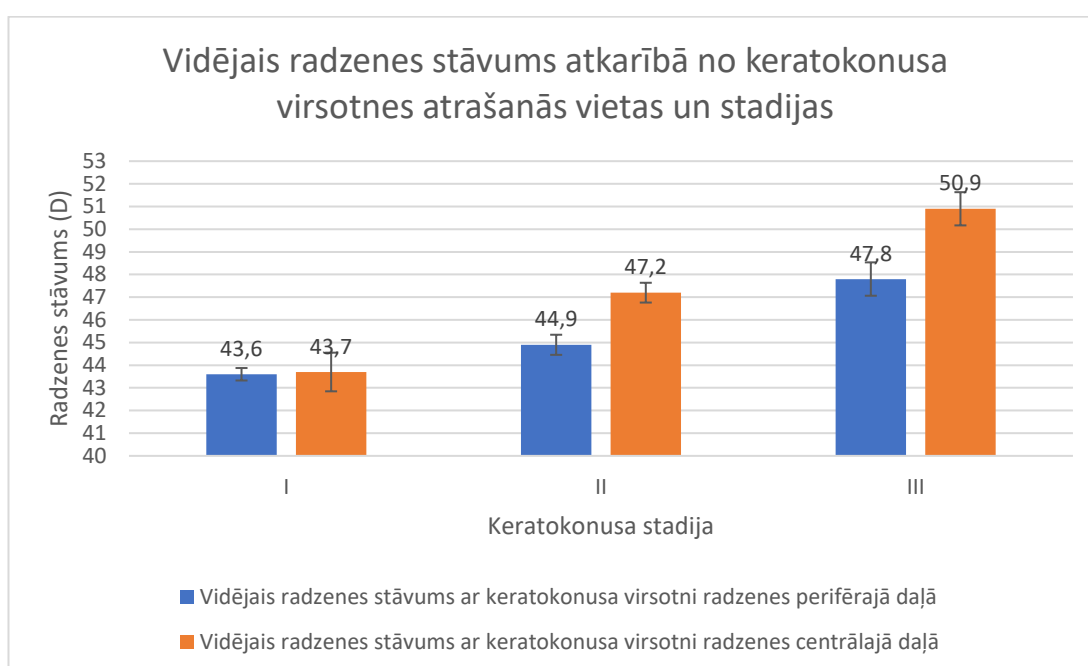
**2.4.att.** Sfēriskā ekvivalenta (dioptrijās) vidējo vērtību mijiedarbība atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas. C – keratokonusa virsotne centrāla; P – keratokonusa virsotne perifēra.

Aplūkojot 2.4.att., novērojams, ka, sasniedzot keratokonusa III stadiju, ir novērojama strauja miopijas palielināšanās. Refrakcija ir miopiskāka, ja keratokonusa virsotne atrodas radzenes centrālajā daļā, salīdzinot ar perifēru keratokonusu. Tā kā veicot ANOVA testu tika

noskaidrots, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vieta statistiski nozīmīgi ietekmē refrakciju, var secināt pēc iegūtajiem rezultātiem, ka refrakcija būs miopiskāka, ja keratokonusa virsotne atradīsies radzenes centrālajā daļā.

### 2.4.3. Radzenes stāvuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas

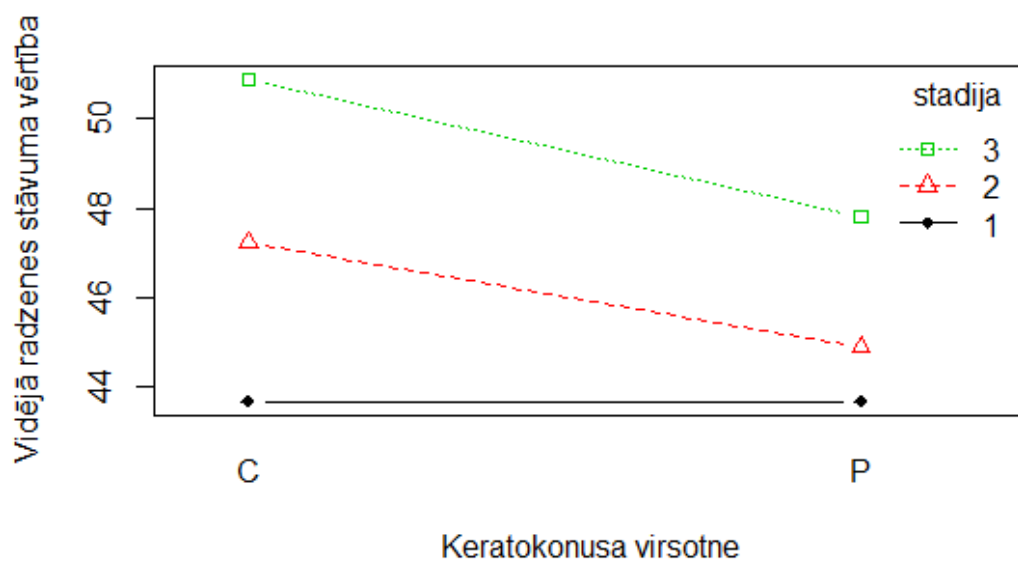
Radzenes stāvuma salīdzināšanai starp abām keratokonusa virsotņu iespējamajām atrašanās vietām un stadijām tika izmantotas keratometrijas vērtības (dioptrijās). 2.5. attēlā redzams, ka palielinoties keratokonusa stadijai, radzene kļūst stāvāka.



**2.5.att.** Vidējās radzenes stāvuma vērtības ar standartnovirzi atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas.

Pacientiem ar centrālu keratokonusu un pacientiem ar perifēru keratokonusu vidējā radzenes stāvuma vērtība bija tikai ar 0,1D atšķirību tieši I stadijā. Attiecīgi centrāla keratokonusa gadījumā vidējais radzenes stāvums un standartnovirze bija 43,7D±0,8D, bet perifēra – 43,6D±0,3D. Keratokonusam sasniedzot II stadiju, starp virsotnes atrašanās vietām ir novērojama radzenes stāvuma atšķirība. Centrāla keratokonusa pacientiem vidējais radzenes stāvums ar standartnovirzi II stadijā bija 47,2D±0,4D, bet perifēra keratokonusa pacietiem 44,9D±0,4D. Sasniedzot III stadiju, gan centrāla keratokonusa, gan perifēra keratokonusa gadījumā ir kļuvusi izteikti stāvāka kā iepriekšējā stadijā. Centrāla keratokonusa pacientiem III

stadijā vidējais radzenes stāvums un standartnovirze ir  $50,9D \pm 0,7D$ , bet perifēra keratokonusa pacientiem  $47,8D \pm 0,7D$ .

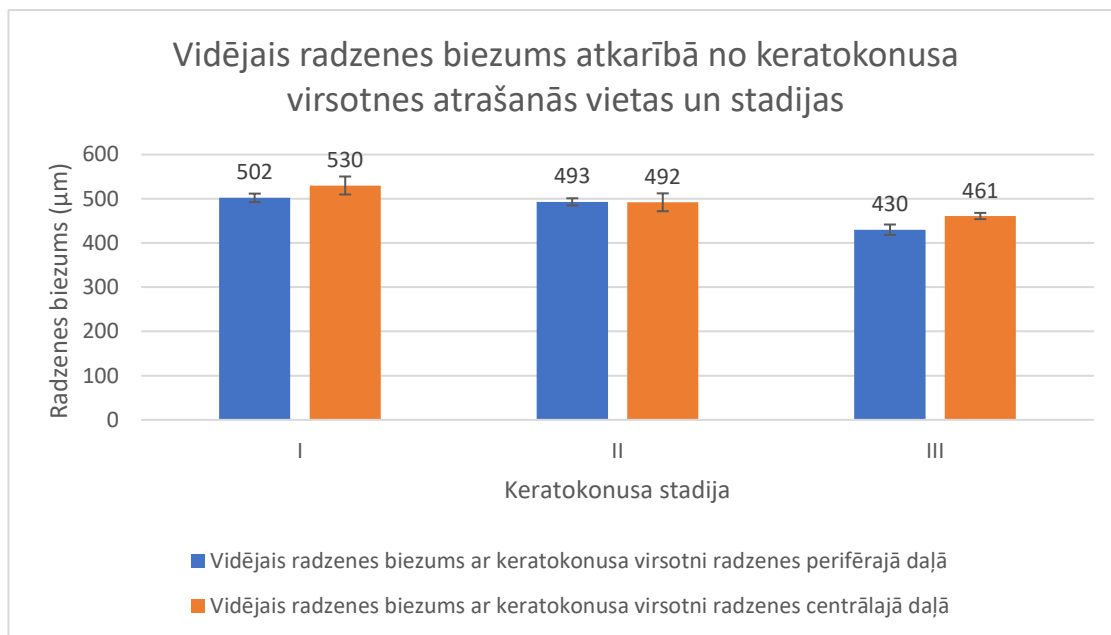


**2.6.att.** Radzenes stāvuma (dioptrijās) vidējo vērtību mijiedarbība atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas. C – keratokonusa virsotne centrālā; P – keratokonusa virsotne perifēra.

Var novērot, ka, neskatoties uz to, ka 2.5.att attēlotās vidējās radzenes stāvuma vērtības I stadijās ir ar nelielu atšķirību, 2.6. att. ir novērojams, ka centrāla keratokonusa gadījumā radzene kļūst izteikti stāvāka, palielinoties slimības stadijai, salīdzinot ar perifēru keratokonusu. Centrāla keratokonusa gadījumā I stadijas un III stadijas vidējās vērtības atšķiras par  $7,2D$ , bet perifēra keratokonusa gadījumā  $4,2D$ . Lai pārbaudītu, vai datiem ir statistiski nozīmīga atšķirība, tika aplūkota keratokonusa stadiju ietekme uz radzenes stāvumu, veicot ANOVA testu, kur  $p \leq 0,05$ . Tika noskaidrots, ka starp keratokonusa stadijām pastāv statistiski nozīmīga ietekme uz radzenes stāvumu, jo  $p = 0,0000000002$ . Izmantojot Tukey HSD testu, kur  $p \leq 0,05$ , tika noskaidrots, ka radzenes stāvumam gan starp I un II ( $p = 0,04$ ), gan I un III ( $p = 0$ ), gan II un III ( $p = 0,00008$ ) pastāv statistiski nozīmīga atšķirība. Lai noskaidrotu, vai keratokonusa virsotnes atrašanās vietai ir statistiski nozīmīga ietekme uz radzenes stāvumu, tika veikts ANOVA tests, kur  $p \leq 0,05$ . Pēc testa veikšanas tika noskaidrots, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vietai ir statistiski nozīmīga ietekme uz radzenes stāvumu, jo  $p = 0,000000005$ . Pēc iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka centrāla keratokonusa gadījumā pie augstākas keratokonusa stadijas, radzene būs izteikti stāvāka nekā, ja keratokonusa virsotne atrastos radzenes perifērijā.

#### 2.4.4. Radzenes biezuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas

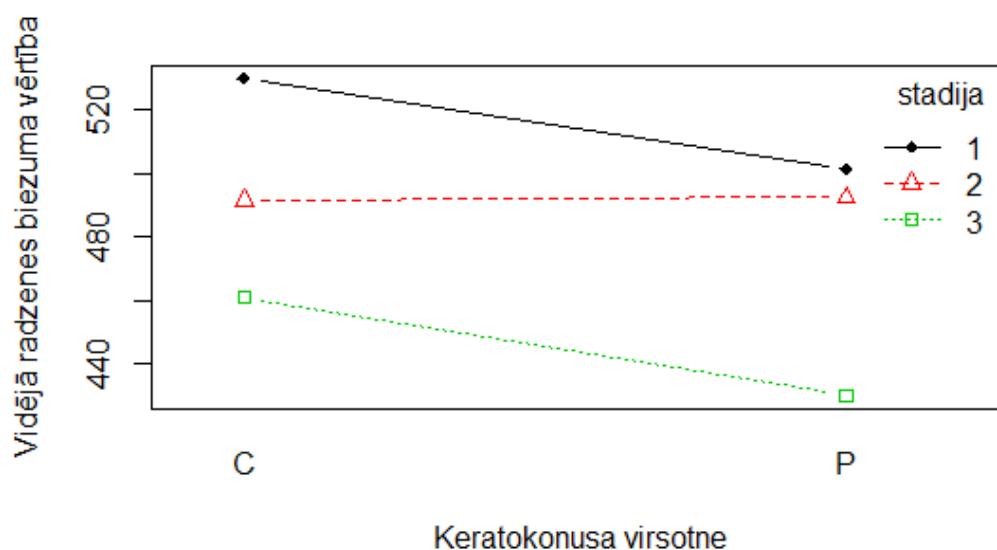
Radzenes topogrāfijā noteiktais radzenes biezums tika fiksēts radzenes plānākajā vietā, jāpiebilst, ka ne vienmēr radzenes plānākā vieta ir keratokonusa virsotne. Aplūkojot 2.7.att., var novērot, ka palielinoties keratokonusa stadijai, radzene kļūst plānāka.



**2.7.att.** Vidējās radzenes biezuma vērtības ar standartnovirzi atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas.

Keratokonusa I stadijā radzenes biezums perifēra keratokonusa gadījumā ir zemāks kā centrāla keratokonusa gadījumā. Attiecīgi vidējais radzenes biezums un standartnovirze keratokonusa pacientiem ar virsotni perifērijā bija  $502\mu\text{m}\pm 9,6\mu\text{m}$ , bet ar virsotni centrālajā radzenes daļā  $530\mu\text{m}\pm 20,3\mu\text{m}$ . Sasniedzot keratokonusa II stadiju, radzenes biezums ir kļuvis plānāks. Pacientiem ar perifēru keratokonusu radzenes biezums ir samazinājies par  $9\mu\text{m}$ , taču pacientiem ar centrālu par  $38\mu\text{m}$ . Vidējais radzenes biezums un standartnovirze perifēra keratokonusa pacientiem II stadijā bija  $493\mu\text{m}\pm 8,1\mu\text{m}$ , bet pacientiem ar keratokonusa virsotni radzenes centrālajā daļā –  $492\mu\text{m}\pm 20,2\mu\text{m}$ . Sasniedzot keratokonusa III stadiju, radzenes biezums ir kļuvis ievērojamāki plānāks, salīdzinot ar I stadiju. Salīdzinot perifēra un centrāla keratokonusa radzenes biezuma samazināšanos, var novērot, ka abos gadījumos radzenes biezums ir samazinājies gandrīz vienlīdz daudz. Perifēra keratokonusa gadījumā radzene ir kļuvusi plānāka par  $72\mu\text{m}$ , bet centrāla keratokonusa gadījumā par  $69\mu\text{m}$ . Perifēra keratokonusa

gadījumā vidējais radzenes biezums un standartnovirze III stadijā bija  $430\mu\text{m}\pm 11,8\mu\text{m}$ , taču pacientiem ar keratokonusa virsotni radzenes centrālajā daļā  $461\mu\text{m}\pm 7,1\mu\text{m}$ .



**2.8.att.** Radzenes biezuma ( $\mu\text{m}$ ) vidējo vērtību mijiedarbība atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas un stadijas. C – keratokonusa virsotne centrālā; P – keratokonusa virsotne perifēra.

Aplūkojot 2.8.att., ir novērojama radzenes biezuma samazināšanās, visizteiktāk tā ir novērojama, perifēram keratokonusam sasniedzot III slimības stadiju. Lai noskaidrotu, vai keratokonusa virsotnes atrašanās vieta statistiski nozīmīgi ietekmē radzenes biezumu, tika veikts ANOVA tests, kur  $p\leq 0,05$ . Veicot testu, nebija iespējams atklāt, vai keratokonusa virsotnes atrašanās vieta ietekmē radzenes biezumu, jo  $p=0,63$ . Šis pats tests tika veikts, lai noskaidrotu, vai radzenes biezumam ir statistiski nozīmīga atšķirība starp keratokonusa stadijām. Tā kā tika iegūts, ka  $p=0,00000002$ , varam secināt, ka radzenes biezumam pastāv statistiski nozīmīga atšķirība starp keratokonusa stadijām. Izmantojot Tukey HSD testu, kur  $p\leq 0,05$ , tika noskaidrots, ka nav iespējams pierādīt statistiski nozīmīgu atšķirību radzenes biezumam starp I un II stadiju, jo  $p=0,42$ . Starp I un III, kā arī starp II un III stadiju pastāv statistiski nozīmīga atšķirība, respektīvi,  $p=0,0000002$  starp I un III stadiju, un  $p=0,00008$  starp II un III. No iegūtajiem datiem var secināt, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vieta neietekmē statistiski nozīmīgi radzenes biezumu, un, palielinoties keratokonusa stadijai, tas samazinās, taču statistiski nozīmīga atšķirība ir tikai III stadijas pacientiem.

## 2.5. Diskusija

Aplūkojot 2.2.att. atspoguļotos vidējo redzes asuma rezultātus, var novērot, ka pacientiem pirmajās keratokonusa stadijās redzes asums sākotnēji bija augstāks centrāla keratokonusa gadījumā nevis perifēra keratokonusa gadījumā. Sasniedzot III stadiju, redzes asums centrāla keratokonusa gadījumā strauji samazinās un bija ievērojami zemāks nekā perifēra keratokonusa gadījumā (starpība 0,19 decimālvienības). Centrāla keratokonusa gadījumā vidējais redzes asums ir būtiski samazinājies intervālā no I līdz III stadijai salīdzinājumā ar perifēru keratokonusu.

Literatūrā minēts, ka, keratokonusam sasniedzot III stadiju, aplūkojot aci biomikroskopā, radzenē ir iespējams novērot Fleišera gredzenu un Vogta strijas, kuri uzliek papildu slogu redzes sistēmai, kā rezultātā arī redzes asumam. Tā kā gaismā acī nonāk caur zīlīti, jebkādi acs iekšējo struktūru bojājumi tās rajonā būtiski ietekmē redzes kvalitāti. Straujo redzes asuma samazināšanos III stadijā var skaidrot ar to, ka centrāla keratokonusa radītās izmaiņas III stadijā, piemēram, Fleišera gredzens, Vogta strijas, vairāk ietekmēs tieši zīlītes rajonu, salīdzinājumā ar perifēru keratokonusu.

Aplūkojot 2.4.att. vidējos sfēriskā ekvivalenta lielumus, redzams, ka keratokonusa II stadijā gan centrāla, gan perifēra keratokonusa gadījumā miopija ir samazinājusies, salīdzinot ar I stadiju, taču, sasniedzot III stadiju, refrakcija ir kļuvusi miopiskāka. Perifēra keratokonusa gadījumā starp I un II stadiju sfēriskā ekvivalenta izmaiņas ir minimālas, taču centrāla keratokonusa gadījumā miopija sasniedzot II stadiju ir samazinājusies par aptuveni 1D. Literatūra par keratokonusa klasifikāciju pēc Amsler-Krumeich vēstī, ka sasniedzot II keratokonusa stadiju novērojams brillu korekciju ir grūti iegūt pietiekami labu redzes asumu. Tā kā šie refrakcijas dati tika iegūti izmantojot subjektīvo refrakciju, tad pie II keratokonusa stadijas, kad pacients ar lielāku mīnuss lēcu neizjuta attēla kvalitātes uzlabojumu, tika atstāta mazākā miopiskā refrakcija, taču jāņem vērā fakts, ka, veicot Tukey HSD testu, netika atklāta statistiski nozīmīga atšķirība refrakcijai starp stadijām. Kopumā visās trijās aplūkotajās keratokonusa stadijās ir novērojama tendence, ka refrakcija ir miopiskāka tieši centrāla keratokonusa gadījumā. Līdzīgi kā ar redzes asumu, faktu, ka centrāla keratokonusa gadījumā refrakcija ir miopiskāka, var skaidrot ar to, ka keratokonusa virsotnes atrašanās centrālajā daļā vairāk ietekmēs zīlītes rajonu, tādējādi arī redzes kvalitāti.

Aplūkojot 2.6.att., redzams, ka radzene keratokonusa I stadijā, neatkarīgi no virsotnes atrašanās vietas, bija vienlīdz stāva, taču, palielinoties keratokonusa stadijai, tā kļūst izteikti stāvāka, ja keratokonusa virsotne atrodas radzenes centrālajā daļā. Tas ir skaidrojams ar to, ka

radzene normā ir izliektāka centrā, bet, virzoties uz perifēriju, tā kļūst plakanāka. Keratokonosiskas radzenes gadījumā, keratokonusam veidojot konusveida izliekumu centrālajā daļā, kas tā jau ir izliekta, radzene kļūs vēl stāvāka nekā, ja keratokonusa virsotne atrastos perifērajā daļā.

Pēc iegūtajiem rezultātiem 2.8.att. redzams, ka radzene ir plānākiem tiem pacientiem, kuriem keratokonusa virsotne atrodas radzenes perifērajā daļā. Svarīgi ir saprast, ka ne vienmēr plānākā radzenes vieta sakrīt ar keratokonusa virsotnes atrašanās vietu. Iemesls, kāpēc radzenes biezums ir mazāks pacientiem ar perifēru keratokonusu I stadijā, varētu būt tāds, ka pacientu skaits ar centrālu keratokonusu šajā stadijā bija 5, bet perifēra keratokonusa pacientu skaits I stadijā – 19. Svarīgs faktors šajā gadījumā ir standartnovirze. Tā centrāla keratokonusa pacientiem bija 20,3µm, bet perifēra keratokonusa 9,6µm, kā rezultātā varam spriest, ka kādam no 5 pacientiem ar centrālu keratokonusu bija izteikti biezāka radzene, kas varēja ietekmēt rezultātu. Tā kā pētījumā netika aplūkota pacientu vidējais radzenes biezums, bet gan punkts, kur radzene ir visplānākā, ir grūti spriest par to, cik bieza radzene normā ir keratokonusa pacientiem. Kopumā ir novērojams, ka abās keratokonusa virsotnes atrašanās vietās radzene ir kļuvusi plānāka vienlīdz lielā apmērā intervālā no I līdz III stadijai, kas varētu kalpot kā pamatojums, kāpēc keratokonusa virsotnes atrašanās vieta neietekmē radzenes biezumu.

## SECINĀJUMI

1. Pirmās un otrās stadijas keratokonusa pacientiem ar centrālu keratokonusa virsotni redzes asums ir statistiski nenozīmīgi lielāks kā ar perifēru virsotni. Trešās pakāpes keratokonusa pacientiem ar centrālu virsotni ir statistiski nozīmīgs redzes asuma samazinājums salīdzinājumā ar perifēru virsotni.
2. Keratokonusa pacientiem ar centrālu keratokonusa virsotni subjektīvā refrakcija ir statistiski nozīmīgi miopiskāka salīdzinājumā ar perifēru keratokonusa virsotni.
3. Palielinoties keratokonusa stadijai, radzene kļūst stāvāka. Pacientiem ar centrālu keratokonusa virsotni radzene ir statistiski nozīmīgi stāvāka kā pacientiem ar perifēru virsotni.
4. Palielinoties keratokonusa stadijai, samazinās radzenes biezums, bet keratokonusa virsotnei nav statistiski nozīmīga ietekme. Tikai keratokonusa trešās stadijas pacientiem radzenes biezumam ir novērojama statistiski nozīmīga atšķirība.

## NOBEIGUMS

Darbā tika pētīts, kā mainās redzes asums, refrakcija, radzenes stāvums un biezums atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas uz radzenes. Iepriekš minētie parametri tika salīdzināti savā starpā gan atkarībā no virsotnes atrašanās vietas, gan keratokonusa stadijas. Tika aplūkoti pirmo trīs keratokonusa stadiju dati, ceturtā stadija netika aplūkota konkrēto datu trūkuma dēļ. Tika noskaidrots, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vieta statistiski nozīmīgi ietekmē visus iepriekš minētos parametrus, izņemot radzenes biezumu.

Tā kā keratokonuss ar virsotni radzenes centrālajā daļā ir retāk sastopams nekā ar virsotni perifērijā, pētījumā bija iespējams aplūkot vairāk datu ar iepriekš minētajiem parametru datiem tieši no perifēra keratokonusa pacientu kartēm. Iespējams, ja centrāla keratokonusa pacientu dati būtu vienlīdz lielā skaitā kā perifēra keratokonusa pacientu dati, būtu citādāki rezultāti. Tā kā literatūrā tika minēts, ka mūsdienās izmantotā keratokonusa klasifikācija pēc Amsler-Krumeich nav pietiekami efektīva, iespējams, veicot līdzīga tipa pētījumu lielākā mērogā, būtu iespēja uzlabot keratokonusa klasifikāciju un kritērijus.

## **PATEICĪBA**

Liela pateicība manai bakalaura darba vadītājai Sanitai Līdumai ne tikai par domu ievirzīšanu pareizajā gultnē, bet arī par motivāciju, atbildēm uz neskaitāmiem jautājumiem un, protams – veltīto laiku. Paldies arī “Dr. Lūkina acu klīnikai” par iespēju izstrādāt bakalaura darbu un jauko uzņemšanu. Milzīgs paldies manai ģimenei par morālo atbalstu un motivāciju darba tapšanas procesā.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Ashraf, N., Siyal, N., Darwesh, N., & Hussain, M. (2017). Comparison of corneal topography in normal & eyes with keratoconus in pakistani population. *Ophthalmology Update*, 15, 396-400.
- Belin, M., & Duncan, J. (2016). Keratoconus: the abcd grading system. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 233(6), 701-707.
- Cavas-Martinez, F., De la Cruz Sanchez, E., Martinez, J., Canacate, F., & Fernandez-Pacheco, D. (2016). Corneal topography in keratoconus: state of the art. *Eye and Vision*, 3(5), 1-12.
- Davis, L., Schechtman, K., Wilson, B., Rosentiel, C., Riley, C., Libassi, D., . . . Zadnik, K. C. (2006). Longitudinal changes in Visual Acuity in Keratoconus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 47(2), 489-500.
- DelMonte, D., & Kim, T. (2011). Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg*, 37(March), 588-598.
- Espandar, L., & Meyer, J. (2010). Keratoconus: overview and update on treatment. *Middle East African Journal of Ophthalmology*, 17(1), 15-20.
- Godefrooij, D. A., de Wit, A., Uiterwaal, C. S., Imhof, S. M., & Wisse, R. P. (2017). Age-specific incidence and prevalence of keratoconus: a nationwide registration study. *American Journal of Ophthalmology*, 175, 169-172.
- Gomes, J., Tan, D., C.J., R., Belin, M., Ambrosio, R., Guell, J., . . . Diseases, T. G. (2015). Global consensus of keratocons and ectatic disease. *Cornea*, 34(4), 359-369.
- Gore, D., Shrott, A., & Allan, B. (2013). New clinical pathways for keratoconus. *Eye*, 27(3), 1-11.
- Grzynowski, A., & McGhee, C. (2013). The early history of keratoconus prior to Nottingham's landmark 1854 treatise on conical cornea: a review. *Clinical and Experimental Optometry*, 96, 140-145.
- Kymes, S., Walline, J., Zadnik, K., Gordon, M., & Group, C. L. (2004). Quality of life in keratoconus. *Am J Ophthalmology*, 138, 527-535.
- Mandathara, P., Stapleton, F., & Willcox, M. (2016). Outcome of keratoconus management: review of the past 20 years contemporary treatment modalities. *Eye & Contact Lens*, 0, 1-14.
- Mas Tur, V., MacGregor, C., Jayaswal, R., O'Bart, D., & Maycock, N. (2017). A review of keratoconus: diagnosis, pathophysiology, and genetics. *Survey of Ophthalmology*, 62, 770-783.

- Okamoto, C., Okamoto, F., Samejima, T., Miyata, K., & Oshika, T. (2007). Higher-order wavefront aberration and letter-contrast sensitivity in keratoconus. *Eye*, 22, 1488-1492.
- Ortiz-Toquero, S., & Martin, R. (2017). Current optometric practices and attitudes in keratoconus patient management. *Contact Lens and Anterior Eye*, 40(4), 1-7.
- Piñero, D., Nieto, J., & Lopez-Miguel, A. (2012). Characterization of corneal structure in keratoconus. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 38(12), 2167-2183.
- Rabinowitz, Y. S. (1998). Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 42(4), 297-319.
- Rabinowitz, Y. (2007). Diagnosing keratoconus and patients at risk. *Cataract & Refractive Surgery Today*(May), 85-87.
- Romero-Jiménez, M., Santodomingo-Rubido, J., & Wolffsohn, J. (2010). Keratoconus: a review. *Contact Lens & Anterior Eye*, 33, 157-166.
- Sinjab, M. M. (2012). Classifications and patterns of keratoconus and keratectasia. In M. M. Sinjab, *Quick guide to the management of keratoconus* (pp. 13-58). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sridhar, M. (2018). Anatomy of cornea and ocular surface. *Indian Journal of Ophthalmology*, 66(2), 190-194.
- Szczotka-Flynn, L., Benjamin, W. L., & Lowther, G. E. (2006). Patients with keratoconus and irregular astigmatism. In W. Benjamin, *Borish's clinical refraction* (2nd ed., pp. 1537-1540). Butterworth Heinemann.
- Zadnik, K., & Barr, J. (2010). Keratoconus. In N. Efron, *Contact lens practice* (2nd ed., pp. 287-297). Butterworth Heinemann.
- Zadnik, K., Barr, J., Gordon, M., & Edrington, T. (1996). Biomicroscopic signs and disease severity in keratoconus. *Cornea*, 15(2), 139-146.

Bakalaura darbs „Redzes asuma, refrakcijas, radzenes stāvuma un biezuma izmaiņas atkarībā no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Daniela Reihnbaha  
Stud.apl.nr. dr15010

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai  
Vadītāja: doktorante, Prof.mag. Sanita Līduma

Recenzents: docents, Dr.phys. Gatis Ikaunieks

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā \_\_\_\_\_

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

\_\_\_\_\_. Protokola Nr. \_\_\_\_\_

Komisijas sekretārs: \_\_\_\_\_