

UOT: 617.753-089

Əliyeva S.Ş.

AMETROPİYALARIN LAZER KORREKSİYASININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ  
KERATOTOPOQRAFIYA VƏ ABERROMETRİYA (ƏDƏBİYYAT İCMALI)*Akad. Zərifə Əliyeva adına Milli Oftalmologiya Mərkəzi, Bakı şəh., AZ1114, Cavadxan küç. 32/15*

## XÜLASƏ

Məqalədə ammetropiyanın lazer korreksiyasının seçimi və qiymətləndirilməsi mərhələsində topoqrafik və keratoaberrometrik əmsalların təsviri göstərilmişdir. Bu əmsallar əsasında subklinik keratokonus, buynuz qişa ektaziyalarının vaxtında aşkarlanmasına, əməliyyatdan əvvəl, əməliyyat zamanı və sonra olabiləcək erkən və uzaq ağrılaşmaların qarşısını almağa imkan yaranır.

Алиева С.Ш.

KERATOTOPOGRAFIYA İ ABERRMETRİYA V OЦENKE LAZERHOY KOPIPEKЦИИ  
AMETPOПИЙ (OБЗOP ЛИТЕРАТУРЫ)

## PEЗИOME

B статье описаны топографические и кератоабerrометрические индексы на этапе выбора и оценки метода лазерной коррекции амметропии. На основе этих индексов можно вовремя выявить субклинический кератоконус, эктазию роговицы, чтобы предотвратить возможные ранние и отдаленные осложнения до операции, во время и после операции.

Alieva S.Sh.

KERATOTOPOGRAPHY AND ABERRMETRY IN THE ASSESSMENT OF LASER CORRECTION  
OF AMETROPIA (LITERATURE REVIEW)

## SUMMARY

The article describes topographic and keratoaberrometric indices at the stage of selection and assessment of the method of laser correction of ammetropia. On the basis of these indices, subclinical keratoconus and corneal ectasia can be detected in time in order to prevent possible early and late complications before surgery, during and after surgery.

Gözdə olan müxtəlif növ refraksiya qüsurlarının effektiv korreksiya metodları arasında buynuz qişanın lazer refraksiyasına mühüm yer ayrılır. Ametropiyalar zamanı lazer keratorefraktiv əməliyyatların arsenalı hər il genişlənir. Bu gün bir və ya digər lazer refraksiyası əməliyyatını detallı optometrik müayinə olmadan təsvür etmək çətindir. Bu müayinənin kompleksi mütləq buynuz qişa haqqında məlumatı əldə etməyi əhatə edir. İlk öncə, bu, refraksiya vəziyyətinə və buynuz qişanın mərkəzi optik zonada qalınlığına aiddir. Paracentral və periferik zonalardakı bu göstəricilər, həmçinin buynuz qişa profili, buynuz qişanın ön və arxa səthlərinin ayrılıq vəziyyəti də əhəmiyyət kəsb edir. Belə məlumatı keratopoqrafiya və optik Şeymplyuq skanetmə vasitəsilə əldə etmək mümkündür [1-4]. Bundan əlavə, keratopoqrafik məlumatlar əsasında gözün bütün optik sisteminin ümumi aberrasiyalarında aparıcı rol oynayan buynuz qişa aberrasiyaları hesablanı bilər. Təsadüfi deyil ki, gözün biopitik sistemində əsas şüasıdırma struktur

məhz buynuz qişadır, onun dinamik komponenti akkomodasiya edən büllurdur. Ametropiyanın lazer korreksiyasına müasir yanaşmalar əməliyyat texnologiyasının seçiminə fərdi yanaşma tələb edir. Bu yanaşmada, ametropiyanın dərəcəsi və buynuz qişanın özünün fərdi anatomik və topoqrafik xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Bu mövqeyi nəzərdən lazer refraksiya əməliyyatı növünün seçilməsi mərhələsində keratotopoqrafik və keratoaberrometrik tədqiqatların aparılması böyük praktik əhəmiyyətə malikdir. Eyni dərəcədə, bir sıra obyektiv optik-refraksiyon göstəricilər üzrə keçirilən əməliyyat nəticələrinin qiymətləndirilməsi vacibdir. Bu göstəricilərdən biri də tor qişanın və görmə sinirinin vəziyyətindən asılı olmayan aberrometrik görmə itiliyidir. Qeyd etmək lazımdır ki, qeyri-invaziv topoqrafik vizualizasiya metodu bu günə qədər buynuz qişa səthinin ayrılığını və formasını effektiv şəkildə əks etdirən ən əhəmiyyətli texnoloji inkişafdır. Bu gün buynuz qişanın dinamik topoqrafik və aberrometrik tədqiqatları lazer korreksiyasının effektivliyini qiymətləndirməkdə obyektiv meyar ola bilər. Eyni zamanda, buynuz qişa ilə çağırılmış optik aberrasiyalar ametropiyaların lazer korreksiyasında müxtəlif funksional diaqnostik sınaqların işlənilib hazırlanmasında obyektiv meyar ola bilər. Buynuz qişanın optik keyfiyyətinin və müntəzəmliyinin qlobal qiymətləndirilməsində inteqral göstəricilər olan topoqrafik əmsallar xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu da, öz növbəsində, keratokonusun subklinik əlamətlərinin və buynuz qişanın əməliyyatdan sonrakı ektaziyalarının erkən diaqnostikası və aşkarlanmasını təmin edir.

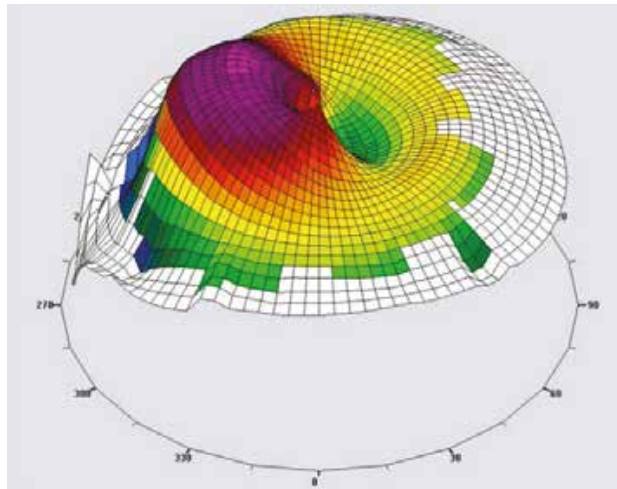
Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, gözdə refraksiya pozuntularının korreksiyası effektivliyinin diaqnostikası və qiymətləndirilməsi mərhələsində daha mühüm topoqrafik və aberrometrik göstəricilərin müəyyən edilməsi üzrə elmi tədqiqatların aparılması şübhə doğurmur.

#### ***Ametropiyaların lazer korreksiyası mərhələlərində kompüter keratotopoqrafiya***

Topoqrafiya qeyri-invaziv vizualizasiya üsulu olub, buynuz qişanın ayrılık radiusu, ayrı-ayrı hissələrinin yüksəkliyi və ayrılıqdəki dəyişikliklər haqqında məlumatı özündə cəmləşdirən buynuz qişanın ön səthinin topoqrafik xəritəsini əldə etmək üçün xidmət göstərir. Tədqiqat bəzi xəstəliklərin istisna edilməsinə və ya diaqnoz qoyulmasına imkan verən buynuz qişanın vahidliyi və ya nahamarlığı barədə məlumat verir [5,6,7]. Öz inkişafı dövründə keratotopoqrafiya dörd nöqtədən min nöqtəyə qədər buynuz qişanı limbdən limbə qədər əhatə edir. 1880-ci ildə ilk dəfə buynuz qişadan ağ-qara halqaların (Plasido diskləri) əks olunmasını təsvir edən Portuqal oftalmoloqu Antonio Plasido buynuz qişa topoqrafının yaranmasında önəmli rol oynamışdır (Goss D, Gerstman D., 2000).

1896-cı ildə Alvar Gulstrand, buynuz qişanın fotosəkillərini mikroskopla araşdıraraq öz oftalmoskopuna disk proyeksiyalarını əlavə etmişdir. O, ədədi alqoritmlərdən istifadə edərək ayrılığı əl ilə hesablamışdır. Prosesin avtomatlaşdırılması 1980-ci ildə rəqəmsal kamera tərəfindən çəkilən görüntünün birbaşa kompüterə ötürülməsi mümkün olduqda başlanmışdır (Busin M, Wilmanns I, Spitznas M., 1989).

Şəkilə (şə.k.1) keratokonuslu pasiyentin keratotopoqramının 3-D rekonstruksiyası verilmişdir. Pentacam korneotopoqraf Oculus firmasının (Almaniya) istehsalıdır.



**Şə.k.1.** Keratokonuslu pasiyentin keratotopoqrammasının rekonstruksiyası

Cihazda, 1904-cü ildə Vyana alimi Teodor Şeympflyuq tərəfindən hazırlanan Şeympflyuq prinsipinə əsaslanan gözün şüasındırıcı mühitinin optik kəsiyinin foto qeydiyyatı prinsipindən istifadə olunur. Bu metod, adi yarıq lampa ilə müqayisədə görüntünün çox böyük dərinliyinə imkan verir ki, bu da gözün bütün ön hissəsini buynuz qişa zirvəsindən büllurun arxa qütbünədək vizualizasiyasına şərait yaradır. Cihazın əsasını fırlanan Şeympflyuq kamera təşkil edir, onun köməyi ilə iki saniyə ərzində bir skan zamanı optik hissənin 50-ə qədər görüntüsü əldə edilə bilər, bu görüntülər kompüter təhlili üçün "tutulur" və CCD-matrisdə saxlanılır (charge-coupled device matrix). Şəkillər buynuz qişanın limdən limbə qədər və bütün diametrini əhatə edərək  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  arasında müxtəlif bucaq altında çəkilir, bu da gözün optik sisteminin üç ölçülü görüntüsünü yenidən qurmağa imkan verir, nəticə isə kompüter ekranında əks olunur. Metod kontaktsızdır, gözün hər hansı bir hərəkəti konusun mərkəzində yerləşən, bəbək diametrinin təyini və baxış fiksasiyası sabitliyinə nəzarət etmək üçün konusun mərkəzində yerləşən ikinci kamera vasitəsilə izlənilir. Pentacam bir çox keratotoqrafların, ultrasəs paximetrlərin, optik koherens tomoqrafın və s. keyfiyyətlərini özündə cəmləşdirir. Buynuz qişanın ön səthindən büllurun arxa səthindəki bütün strukturların ətraflı vizualizasiyası, ön kameranın 3 ölçülü analizini,  $5\ \mu\text{m}$  dəqiqliklə paximetrik xəritəni, buynuz qişanın sagittal, tangensial xəritələrini və refraksiya xəritəsini əhatə edir. Buynuz qişanın ön və arxa səthlərinin, qüzehli qişanın, büllurun ön və arxa səthlərinin görüntüləri hərəkət edən virtual gözdə yaradılıb. Cihazın üstünlüyü, buynuz qişanın həm ön, həm də arxa səthlərinin, mərkəzi hissəsi də daxil olmaqla, elevasiyalarını birbaşa ölçmə qabiliyyətindən ibarətdir. Əyriliyi və optik gücü cihaz elevasiya məlumatlarına əsasən hesablayır. Pentacam cihazında xüsusi keratokonus skrining proqramı mövcuddur. Buynuz qişanın ön və arxa səthinin dəyişikliklərinin ətraflı təhlili üçün elevasiya xəritələri istifadə olunur [7,8].

Topoqrafik meyarlar – keratokonus elevasiya xəritəsi (elevation map), qalınlıq xəritəsi və əyrilik xəritəsi əsasında təsnif edilə bilər.

Elevasiya xəritəsi üzrə təsnifat – bu xəritə konusun lokalizasiyasını təyin etməyə imkan verir. Elevasiya xəritələrinin qurulması referent cisim (referent səth) konsepsiyasına əsaslanır, ellips (best fit toric ellipsoid, BFTE) və ya sferik (Best fit sphere, BFS) şəkilli ola bilər. Buynuz qişa topoqrafiyasının qiymətləndirməsi üçün mövcud olan buynuz qişanın səthinə uyğun referent cisimin fərdi seçimi aparılır. Elevasiya xəritəsində rəng ölçüsü ifadəsi var, burada sıfır səviyyə (referent səth) – yaşıl, referent səthinin üstündəki məsafə (müsbət dəyər) – qırmızı, səthin altındakı səviyyə – göy rəngdə (mənfi dəyər) işarə edilir. Sağlam gözlərdə buynuz qişanın mərkəzi referent sferanın səviyyəsindən yuxarıda yerləşir (mərkəzi yüksəklik – central hill). Mərkəzi yüksəklik "halqalı çökəklik" (annular sea) ilə əhatə olunur. Buynuz qişa səthi burada referent səthin altındadır. Buynuz qişa periferiyasında, səviyyə yenidən referent səviyyədən yüksəkdir, buna periferik yüksəklik deyilir (peripheral highlands). Biz konusun aşkarlanması və lokalizasiyası üçün BFS, konusun real hündürlüyünü qiymətləndirmək üçün isə BFTE alqoritmini istifadə etmək məsləhət görürük. BFS-də konus mərkəzi, parasentral və ya periferik ola bilər. Bu təsnifat keratokonus və pelusid marginal degenerasiyasını (PMD) fərqləndirmək üçün vacibdir.

#### **- Qalınlıq xəritəsindən asılı olaraq təsnifat**

Bu xəritəyə əsasən iki əsas dəyişiklik növü vardır: konik və ya qübbə şəkilli, zəng şəkilli. Konik və ya qübbə şəkilli keratokonus üçün xarakterikdir, zəng formasında isə PMD zamanı rast gəlinir.

#### **- Əyrilik üzrə təsnifat**

Buynuz qişanın topoqrafiyasını öyrəndikdən sonra xüsusi diqqət ön sagittal əyrilik xəritəsinə (anterior sagittal curvature map) yetirilməlidir. Keratokonusun mövcudluğunu göstərən bəzi dəyişikliklər diqqətə layiqdir, bəzi digər dəyişikliklər isə buynuz qişa patologiyası üçün xarakterikdir, yəni keratokonus hər zaman buynuz qişa patologiyası sayılıb, lakin buynuz qişadakı hər patoloji dəyişiklik keratokonus deyildir. Normal buynuz qişa topoqrafiyası məsələsini nəzərdən keçirərkən xatırlamaq lazım gəldikdə: norma variantlarının geniş spektri var, buynuz qişa aşağıdakı formalardan birini ala bilər (şək. 2).

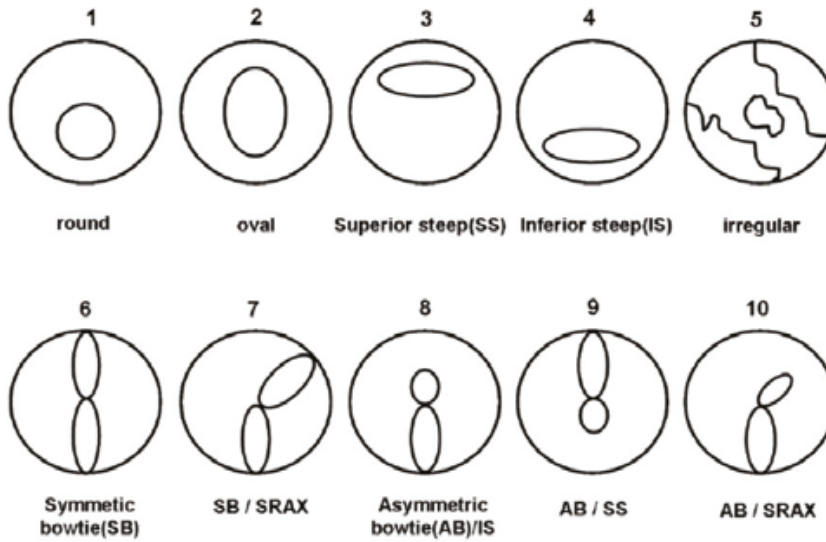
Şəkildə göstərilən sxemlərə görə: 1 – dairəvi, buynuz qişanın ən dik hissəsi, dairəvi və tez-tez desentrasiya olan; 2 – oval, buynuz qişanın ən dik hissəsi oval formadadır, mərkəzdə və ya desentrasiya ola bilər; 3 – buynuz qişanın ən dik hissəsi, buynuz qişanın yuxarı hissəsində lokalizə olunur; 4 – buynuz qişanın ən dik hissəsi, buynuz qişanın zirvəsinin altında lokalizə olunur; 5 – buynuz qişanın irrequlyar

səthi, müəyyən bir forma almır, bu modeldə dik sahələr düz sahələrlə növbələnir; 6 – simmetrik “qalstuk-kəpənək” forması, bu model normal astigmatizmin göstəricisi ola bilər və ya keratokonus zamanı rast gəlinir; 7 – seqmentlərin əyilməsi ilə simmetrik “qalstuk-kəpənək”, bucağı  $22^\circ$ -dən çox olarsa klinik cəhətdən əhəmiyyətlidir; 8, 9 – simmetrik “qalstuk-kəpənək”, həmçinin iki əsas variantı var: aşağı və yuxarı. Yuxarı variantda fərq 4 mm zonada 1,5D-dən çox olarsa klinik əhəmiyyət daşıyır və eyni zamanda aşağı variantda fərq 2.5D-dən çox olarsa ehtiyatlı olmağı tələb edir. Bir qayda olaraq, iki göz bir-birinin güzgü əksidir, bu enantiomorfizm adlanan bir təzahürdür. Bu faktı bilmək norma və patologiya barədə qərar qəbul etmək üçün faydalıdır; 8 – dairə; 9 – oval; 10 – assimetrik “qalstuk-kəpənək”.

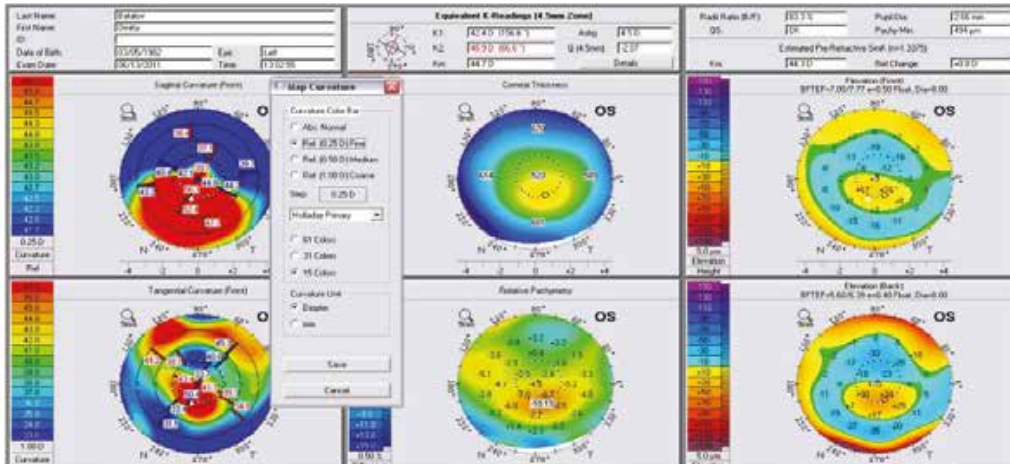
Sagittal xəritədə keratokonusun topoqrafik meyarları: a)  $K > 48$  dptr.; b) seqmentlərin əyilmə bucağı (SRAX)  $> 22^\circ$ ; c) aşağı-yuxarı fərq (S-I)  $> 2,5$  dptr. “qalstuk-kəpənək” formasının aşağı variantında və (I-S)  $> 1,5$  dptr. yuxarı variantında; d)  $> 6D$  astigmatizm.

Qalınlıq xəritəsində: a) konusşəkilli forma; b) 5 mm zonada  $> 30$  aşağı-yuxarı fərq; c) buynuz qişanın minimal qalınlığı  $10 \mu\text{m}$ ; d)  $> 0,5$  mm minimal paximetrik nöqtənin aşağı yerdəyişməsi; e)  $> 30 \mu\text{m}$  gözlər arasında buynuz qişa qalınlığının minimal fərqi.

Elevasiya xəritəsində: a) BFS rejimində təcrid olunmuş genişlənmələr; b) BFTE rejimində ön elevasiya xəritəsində 5 mm zonada  $> 12 \mu\text{m}$  dəyərlər; c) BFTE rejimində arxa elevasiya xəritəsində 5 mm zonada  $> 15 \mu\text{m}$  dəyərlər.



Şəkil 2. Ön səthin əyriliyi xəritəsinə görə buynuz qişa topoqrafiyası variantları

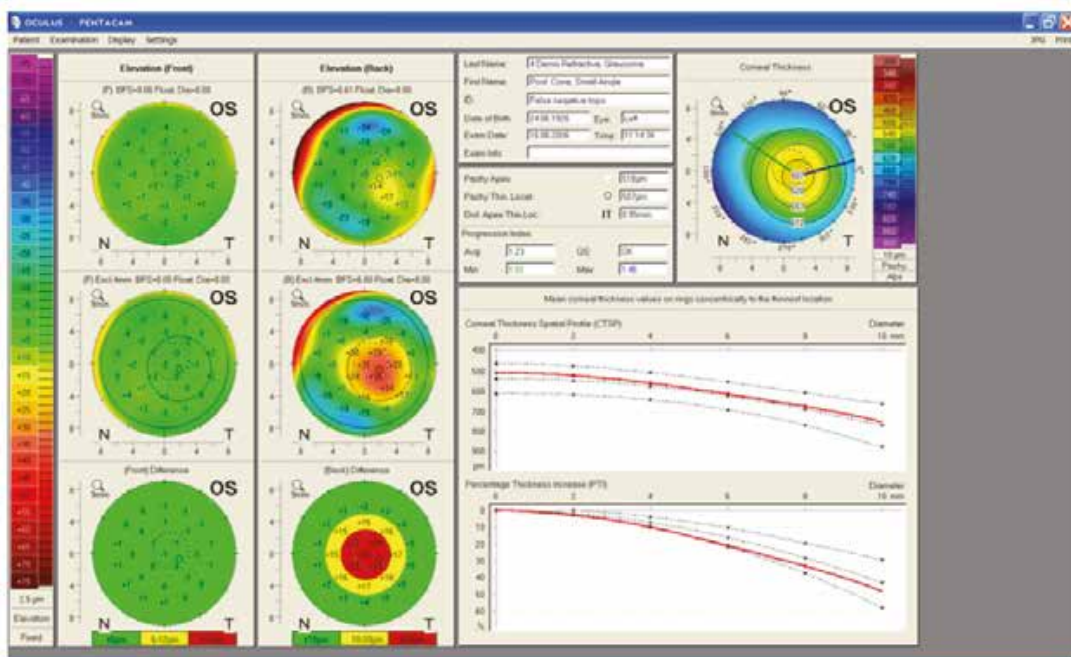


Şəkil 3. Keratokonuslu pasiyentin keratoqramması



Şəkildə keratokonuslu pasiyentə xas olan 3D Şeypflyuq kameranın təsviri göstərilib (şək. 3). Bu cihaz üçün keratokonusun erkən diaqnostikasının effektivliyini artırma biləcək bir çox skrininq proqramları işlənib hazırlanmışdır. HolladayReport alqoritmi həm ön, həm də arxa buynuz qısa səthlərinin xüsusiyyətlərini qiymətləndirməyə imkan verir. Bu xəritələrdə simmetrik yüksək riskli sahələrin müəyyənəşdirilməsi keratokonusun gizli formalarının vaxtında aşkarlanmasına şərait yaradır.

Ektaziyanın Belin/Ambrosio üzrə genişləndirilmiş təsvirinin məqsədi elevasiya və buynuz qısa paximetriyasının qiymətləndirilməsinə əsaslanan tam görüntüdə topoqrafiyanı birləşdirməkdir. Buynuz qısa üzərindəki sferanı modelləşdirmək üçün istifadə edilən yeni metod “genişləndirilmiş BFS metodu” adlanır. Onun əsas üstünlüyü, ektaziya və ya keratokonusun erkən mərhələlərində konusun daha aydın şəkildə əks etdirilməsidir (şək. 4).



Şək. 4. Belin/Ambrosio üzrə ektaziyanın genişləndirilmiş skrininqi

#### **Optik koherent keratotomografiya**

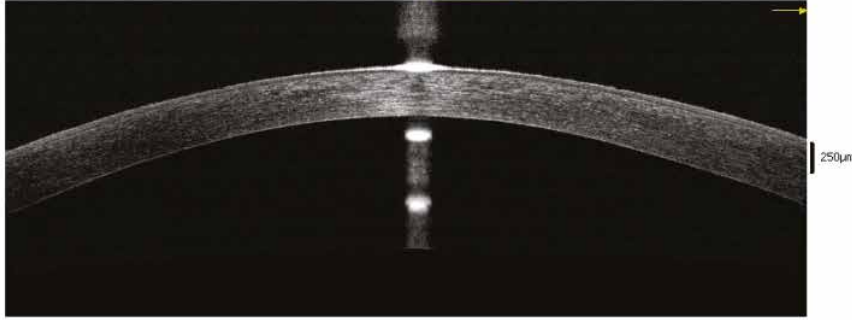
Bu diaqnostik prinsipin mahiyyəti optik koherent tomoqrafiyanın (OCT) fəaliyyətinin əsasını təşkil edir və tədqiq olunan toxumadan əks olunan işıq şüasının gecikmə müddətini ölçməkdən ibarətdir. Müasir avadanlıq bu parametrin bu qədər kiçik fəza aralığında birbaşa ölçülməsinə imkan vermədiyi üçün, OKT-nin işi işıq interferometri prinsiplərinə əsaslanır [9]. Işıq mənbəyi bir neçə dalğa uzunluğundan ibarət aşağı koherentli şüa əldə etməyə imkan verən geniş zolaqlı superlyuminessent dioddur. İş prinsipi sayəsində spektral OKT saniyədə 25 mindən çox xətti skanları yerinə yetirməyə imkan verir, həmin müddət ərzində göz almasının artıq hərəkət etmək üçün vaxtı yoxdur, bu isə nəticənin maksimal dərəcədə tədqiq olunan obyektin həqiqi strukturuna uyğun gəldiyini göstərir. OKT-nin yüksək həll etmə qabiliyyəti keratokonusun müalicə metodunun seçilməsində xüsusilə vacib olan ön seqmenti 5  $\mu\text{m}$  dəqiqliklə vizualizasiyasına, ön kameranın dərinliyini tədqiq etməyə, buynuz qısa ektaziyasının dərəcəsinin təyininə, paximetrik məlumatları qiymətləndirməyə imkan verir.

Keratokonuslu pasiyentlərdə buynuz qısanın nazilməsinin dinamikasını, ön kameranın dərinləşməsinə və ön kamera bucağının artmasını izləmək olar [10-14].

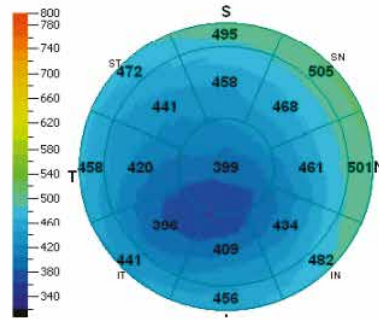
## Cornea Pachymetry

Scan Quality Index: Good 45

Right / OD



Pachymetry Assessment	
Superior - Inferior Comparison within 5mm zone	
SN-IT(2-5mm): 72	S-I(2-5mm): 49
Min-Median: -58	Min-Max: -120
Min: 370	Location Y: -955
Min thickness (x, y) -0.346mm, -0.955mm shown as *	



**Şək.6.** Keratokonuslu pasiyentin OKT-sı (aşağıda soldan əsas parametrlər, sağda paximetrik xəritə)

Əsas parametrlər: (Min) – sağlam insanlarda qalınlığın minimal dəyəri buynuz qişanın mərkəzində yerləşir və kifayət qədər geniş hədudlarda dəyişir; (Min-Max) – minimal və maksimal paximetriya dəyərlərinin nisbəti, buynuz qişa qalınlığının ən kiçik və ən böyük dəyərləri arasındakı fərqi əks etdirir; (Min-Med) – minimal buynuz qişa qalınlığının orta dəyəərə nisbəti; (S-I) – müvafiq olaraq buynuz qişanın yuxarı və aşağı hissələrindəki orta qalınlığının nisbəti; (SN-IT) – yuxarı burun və aşağı gicgah kvadrantlarında buynuz qişanın orta qalınlığının nisbəti; (MinY) – şaquli ox boyunca buynuz qişa qalınlığının minimal dəyəri olan nöqtənin yerləşməsi.

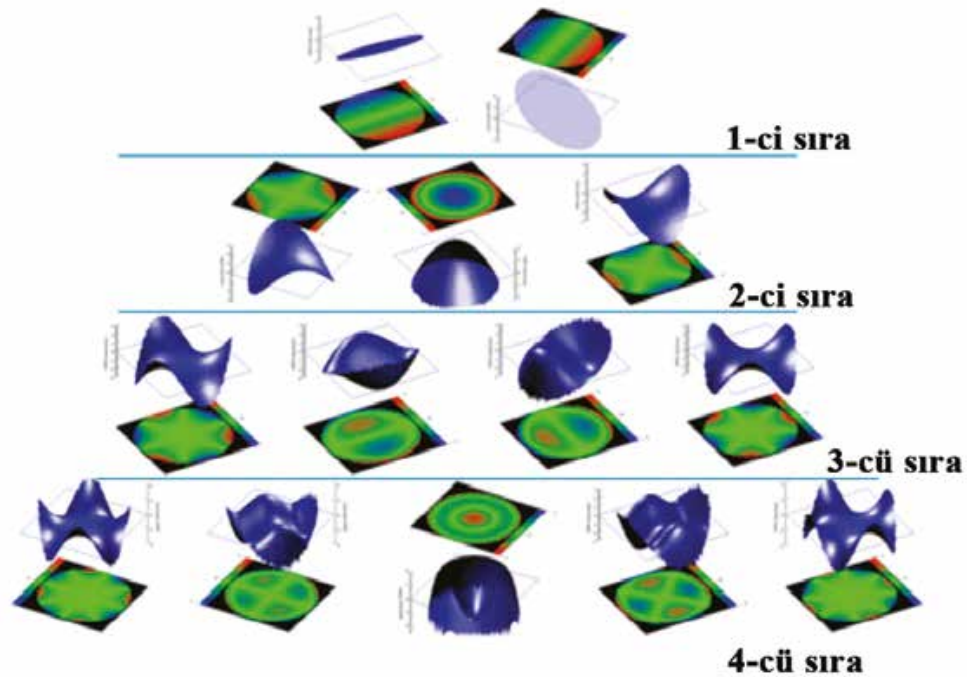
Keratokonusun subklinik mərhələsində Min-Max, yəni paximetriyanın minimal və maksimal dəyərinin nisbəti daha həssasdır [14-17]. Bu onunla izah olunur ki, sağlam insanın buynuz qişasının qalınlığı kifayət qədər geniş hədudlarda dəyişə bilər, keratokonus isə lokal nazilmə ilə xarakterizə olunan bir xəstəlikdir. Bu parametrlər eyni dərəcədə nazik və ya əksinə, eyni dərəcədə qalın buynuz qişa hallarında əvəzolunmazdır, nəticələri düzgün interpretasiya etməyə imkan verir. Buynuz qişanın yuxarı və aşağı kvadrantlarda orta qalınlığın nisbətini xarakterizə edən S-I parametri bir qədər aşağı, lakin eyni zamanda çox yüksək həssaslığa malikdir. Yüksək həssaslıq bu xəstəliyi xarakterizə edən morfoloji dəyişikliklərlə, məhz aşağı şöbədə buynuz qişanın incəlməsi və sallanması ilə izah olunur. Ümumi qəbul edilmiş məlumatlara baxmayaraq, paximetriyanın minimal dəyəri çox həssas bir göstərici deyil, lakin diqqətə layiqdir [18-20]. MinY parametrinin həssaslığı xəstəliyin inkişafı ilə əhəmiyyətli dərəcədə artır, həmçinin keratokonuslu xəstənin dinamik müşahidəsi zamanı faydalı ola bilər.

Keratokonusun diaqnostik meyarları: SN-IT > 51 µm, S-I > 52 µm, Min < -62 µm, Min Y > 1 mm. Ədəbiyyat məlumatlarına görə, keratokonusun erkən mərhələlərində cəmi topoqrafik indekslər, tədqiqat nəticələrinin müqayisəli spesifikasiyi ilə OKT zamanı əldə edilən paximetrik indekslərdən daha az həssaslığa malikdir. Xəstəliyin inkişafı ilə bu fərqlər qeyri-kritik olur (Li Y., Meisler M., 2012)

### *Aberrometriya və keratoaberrometrik tədqiqatlar*

Aberrasiya – dar bir paralel işıq şüasının gözün bütün optik sistemindən keçərkən tor qişa ilə ideal kəsişmə nöqtəsindən müxtəlif bucaq altında sapmasıdır [20-25]. Optik təsvirin keyfiyyət xarakteristikası həqiqi dalğa cəbhəsinin idealdan sapmasının orta kvadrat kökü səhvidir. Alman riyaziyyatçısı Zernike dalğa cəbhəsi aberrasiyaları təsvir etmək üçün bir sıra polinomlardan istifadə edərək riyazi bir formalizmi tətbiq etdi (Zernike F., 1934).

Optik aberrasiyaların dalğa cəbhəsi 7 sayılı şəkildə təqdim edilib. Birinci və ikinci dərəcəli polinomlar miyopiya, hiperopiya və astigmatizmə uyğundur. Daha yüksək dərəcəli polinomlar: üçüncüsü komaya uyğundur – gözün optik oxuna bucaq altında düşən çəp işıq şüalarının sferik sapmasıdır. Onun əsasını gözün optik elementlərinin asimetriyası təşkil edir, nəticədə buynuz qişanın mərkəzi büllurun mərkəzi ilə üst-üstə düşür.



Şək.7. Gözdə dalğa cəbhəsinin optik aberrasiyaları

Dördüncü sıra aberrasiyalara, əsasən büllurun müxtəlif nöqtələrindəki qeyri-bərabər şüasındırma gücü ilə ifadələnən sferik aberrasiyalar aiddir. Daha yüksək sıralar qeyri-müntəzəm aberrasiyalar kimi məlumdur. Zernike əmsalları sıfıra yaxın olduqda və bu səbəbdən dalğa cəbhəsinin orta kvadrat səhvlərinin dəyəri işıq dalğasının dalğa uzunluğunun 1/14-dən az olduqda, optik sistem yaxşı hesab olunur (Marechal meyarı). Bu əmsalın məlumatlarına əsasən, tor qişada hər hansı bir optotipin təsvirini modelləşdirərək görmə itiliyini proqnozlaşdırmaq mümkündür [25-27]. İnsanın görmə sisteminin aberrasiyalarını təyin etmək üçün xüsusi bir cihaz – aberrometr istifadə olunur. Hal-hazırda, gözün aberrasiyalarını təyin etmək üçün müxtəlif prinsiplərə əsaslanan bir neçə metod mövcuddur. Bunlardan birincisi – tor qişa təsvirinin aberrometriyasının təhlilidir (retinal imaging aberrometry). Dalğa uzunluğu 650 nm və diametri 0,3 mm olan iki paralel lazer şüası tor qişa üzərində proyeksiya edilir, bunlardan biri dəqiqliklə görmə oxu boyunca düşür, digəri isə ondan müəyyən bir məsafədə yerləşir. Bundan sonra, ikinci şüanın dayaq şüasının fiksasiya nöqtəsindən sapma dərəcəsi qeydə alınır və beləliklə bəbək həddlərində olan hər nöqtə ardıcıl olaraq təhlil edilir. İkinci prinsip – gözdən çıxan əks olunan şüanın təhlilidir (outgoing refraction aberrometry). Bu prinsip astronomiyada teleskoplardakı

atmosferdən və kosmik məkandan keçən aberrasiyaları kompensasiya etmək üçün geniş istifadə edilmişdir [27-29]. 850 nm dalğa uzunluğunda diod lazer vasitəsilə kolimasiya olunmuş şüa dəstəsi gözə yönəldilir, hansı ki, gözün bütün mühitlərindən keçdikdən sonra aberrasiyalar nəzərə alınaraq tor qişadan əks olunur və çıxışda 1089 mikrolinzadan ibarət matrisə daxil olur. Hər bir mikrolinza təhrif olunmamış şüaları fokal nöqtəsində toplayır, aberasiyaya məruz qalan şüalar isə ondan müəyyən bir məsafədə cəmləşir. Əldə edilən məlumatlar kompüter vasitəsilə işlənir və aberasiya xəritəsi şəklində təqdim olunur. Wave Scan fəaliyyəti bu prinsipə əsaslanır. Üçüncü prinsip, foveola düşən işıq şüasının kompensator düzləşdirməsinə əsaslanır. Hal-hazırda bu metod pasiyentin aktiv iştirakını tələb edən subyektiv aberrometr kimi istifadə olunur. Tədqiqat gedişində bəbəklə eyni optik oxda yerləşən 1 mm dəlikləri olan fırlanan disk vasitəsilə gözə işıq şüası yönəldilir [29]. Disk fırlanan zaman, dar paralel işıq şüaları bəbəyin hər nöqtəsindən keçir və aberrasiyalar olmadıqda, çarpaz şəklində 40 nəzərəti işarəsi olan başqa bir şüa yönəldilən foveolaya proyeksiya edilir. Əgər pasiyentdə yaxındangörmə, uzaqdangörmə, astigmatizm və ya hər hansı bir yüksək dərəcəli aberrasiyalar varsa, o zaman bu nöqtələrin çarpaz şəkilli nişan ilə üst-üstə gəlməsini görəcək və xüsusi bir cihazın köməyi ilə onları tutuşdurmağı lazım gələcək. Nöqtənin yerini dəyişdirmə bucağı aberrasiya dərəcəsini əks etdirir. Ən yeni texnologiyalar nəzərə alınaraq yaradılan və ayrı-ayrı fəaliyyət prinsiplərinə əsaslanan oftalmoloji cihazların müxtəlifliyi aşağı və yüksək sıra aberrasiyaların, habelə onlara təsir edən amillərin həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət cəhətdən qiymətləndirilməsini reallaşdırır.

Keratokonus zamanı buynuz qişada gedən patoloji proses onun səthinin qeyri-müntəzəm olmasına gətirib çıxarır ki, bu da aberrasiyaların, o cümlədən əhəmiyyətli dərəcədə görmə itiliyini və keyfiyyətini azaldan yüksək dərəcəli aberrasiyaların artmasına səbəb olur. Yüksək sıra optik aberrasiyaların dəyərlərinin artması həmçinin buynuz qişanın qatlarının normal ciddi struktur təamlığının pozulmasına və buynuz qişanın toxumalarında müxtəlif qeyri-müntəzəmliyin yaranmasına gətirib çıxarır. Optik aberrasiyaların buynuz qişanın toxumalarındakı morfoloji dəyişikliklərin dərəcəsindən, xəstəliyin müxtəlif mərhələlərində xüsusiyyətlərindən asılılığı diqqətə öyrənilməli və klinik morfoloji paralellərin aparılması məqsədə uyğundur.

Keratokonus zamanı aberrasiya dəyərlərinin, o cümlədən yüksək sıra aberrasiyalar dəyərlərinin artması, görmə funksiyalarının kəskin azalmasına, görmə keyfiyyətinin pisləşməsinə gətirib çıxarır ki, bu səbəbdən göstərilən xəstəlik zamanı həmin pozulmaların optik aberrasiyaların həcmindən və strukturundan asılılığının öyrənilməsi məqsədəuyğun və zəruridir.

#### ƏDƏBİYYAT:

1. Guilbert E., Saad A., Grise-Dulac A., Gatine D. Corneal thickness, curvature, and elevation readings in normal corneas: combined Placido-Scheimpflug system versus combined Placido-scanningslit system // *J. Cataract & Refractive Surgery*, 2012, v.38(7), p.1198–1206.
2. Ambrósio R., Valbon B.F., Faria-Correia F. et al. Scheimpflug imaging for laser refractive surgery // *Curr. Opin Ophthalmol.*, 2013, v.24(4), p.310-20.
3. Bao F. et al. Repeatability, reproducibility, and agreement of two Scheimpflug-Placido anterior corneal analyzers for posterior corneal surface measurement // *J. Refract.Surgery.*, 2017, v.33(8), p.524–530.
4. Zhang Y. et al. Corneal Astigmatism Measurements Comparison among Ray-Tracing Aberrometry, Partial Coherence Interferometry, and Scheimpflug Imaging System // *Hindawi J. Ophthalmol.*, 2020, v.2020, Article ID 3012748, <https://doi.org/10.1155/2020/3012748>



5. Керимов К.Т. и др. Основные принципы факоэмульсификации / VI Междунар. науч.-практич. конф.: Современные технологии катарактальный и рефракционной хирургии. М., 2005.
6. Керимова Н.К., Рашидализаде Э.К., Керимов К.Т. Эффективность отдаленных результатов фоторефракционной кератэктомии при коррекции анизометропий // *Oftalmologiya*, Bakı, 2017, №1(27), s.77-82.
7. Kərimov K.T., Kərimova N.K., Rəşidəlizadə E.K., və b. Fotorefraksiyon cərrahiyyədə dinamik videokeratoqrafiya və aberometriyanın effektivliyinin qiymətləndirilməsi / Akad. Zərifə Əliyevanın 87 illiyinə həsr olunmuş "Oftalmologiyanın aktual problemləri" Beynəlxalq elmi konfrans, Bakı, 2010, s.122-127.
8. Керимов К.Т. Сравнительный анализ результатов одномоментной двухэтапной и повторной двухэтапной фоторефракционной кератэктомии при миопия высокой степени / Сб. науч. раб. Актуальные проблемы офтальмологии, М., 2006, с.290-292.
9. Керимов К.Т., Абдулалиева Ф.И., Керимова Н.К. Коррекция анизометропии методом фоторефракционной кератоабляции у детей и подростков // *Oftalmologiyanın müasir problemləri*. Bakı, 2004, s.14-25.
10. Bağırov N.Ə., Əliyev X.D., Kərimov M.İ., Abduləliyeva F.Ə. Spektral optik koherens tomoqrafiya müayinəsi əsasında diabetik makulopatiyanın müalicə alqoritminin tərtib edilməsi // *Oftalmologiya* 2014, №1 (14), s.25-33.
11. Абугова Т.Д. Клиническая классификация первичного кератоконуса // *Соврем. оптометр.*, 2010, №5, с.17-20.
12. Аветисов С.Э., Бородин Н.В., Кобзова М.В. и др. Современные подходы к оценке анатомо-функционального состояния роговицы // *Вестн. Офтальмол.*, 2010, №4, с.59-63.
13. Егорова Г.Б., Бородин Н.В., Бубнова И.А. Аберрации человеческого глаза, способы их измерения и коррекции (обзор литературы) // *Рус. Мед. журн. Клин офтальмол.*, 2003, №4, с.174-176.
14. Ambrósio R., Nogueira L.P., Caldas D.L. et al. Evaluation of corneal shape and Biomechanics before LASIK // *Int Ophthalmol Clin.*, 2011, v.51(2), p.11-39.
15. Belin M.W. Reading the Pentacam's maps // *Insert Cataract Refract Surg Today.*, 2007, p.16-18.
16. Hamer C. A., Buckhurst H., Purslow C. et al. Comparison of reliability and repeatability of corneal curvature assessment with six keratometers // *Clin. Exp. Optometry*, 2016, v.99(6), p.583–589.
17. Hamed A.M. et al. A comparative analysis of five methods of determining corneal refractive power in eyes that have undergone myopic laser in situ keratomileusis // *Ophthalmology*, 2002, v.109, p.651–658.
18. Thibos L.N., Horner D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery // *J. Cataract & Refractive Surgery*, 2001, v.27(1), p.80–85.
19. Nemeth G., Berta A., Lipcz A., Hassan Z., Szalai E., Modis L. Evaluation of posterior astigmatism measured with Scheimpflug imaging // *Cornea*, 2014, v.33(11), p.1214–1218.
20. Ueno Y., Hiraoka T., Beheregaray S. et al. Age-related changes in anterior, posterior, and total corneal astigmatism // *J. Refract. Surgery*, 2014, v.30(3), v.192–197.
21. Savini G. et al. Estimating the preoperative corneal power with Scheimpflug imaging in eyes that have undergone myopic LASIK // *J. Refract. Surg.* 2016, v.32, p.332–336.

22. Savini G., Barboni P., Zanini M. Correlation between attempted correction and keratometric refractive index of the cornea after myopic excimer laser surgery // *J. Refract. Surg.*, 2007, v.23, p.461–466.
23. Roshdy M.M., Wahba S.S., Elkitkat R.S. et al. Effect of age on pentacam keratoconus indices // *J. Ophthalmology*, 2018, v.2018, 6 p. Article ID 2016564.
24. Correia F.F., Ramos I., Lopes B. et al. Topometric and tomographic indices for the diagnosis of keratoconus // *Int. J. Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*, 2012; v.1(2), p. 92–99.
25. Safarzadeha M., Nasirib N. Anterior segment characteristics in normal and keratoconus eyes evaluated with a combined Scheimpflug / Placido corneal imaging device // *J. Curr. Ophthalmol.*, 2016, v.28(3), p.106–111,
26. Kumar M., Shetty R., Jayadev C. et al. Repeatability and agreement of five imaging systems for measuring anterior segment parameters in healthy eyes // *Ind. J. Ophthalmol.*, 2017, v.65, p.288–294.
27. Santhiago M.R., Smadja D., Wilson S.E et al. Role of percent tissue altered on ectasia after LASIK in eyes with suspicious topography // *J. Refract. Surgery*, 2015, v.31(4), p.258–265.
28. Santhiago M.R., Smadja D., Gomes B. F. et al. Association between the percent tissue altered and post-laser in situ keratomileusis ectasia in eyes with normal preoperative topography // *Am. J. Ophthalmol.*, 2014, v.158(1), p.87–95.
29. Zare M.A., Hashemi H., Jamali M. et al. Comparison of corneal and anterior chamber parameters following myopic laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy by pentacam as a new imaging technique Iran // *J. Ophthalmol.*, 2011, v.23(1), p.27-32.

#### **Müəllif münaqişələrin (maliyyə, şəxsi, peşəkar və digər maraqları) olmamasını təsdiqləyir**

##### **Korrespondensiya üçün:**

Əliyeva Sidiqə Şahmar qızı, akademik Zərifə Əliyeva adına Milli Oftalmologiya mərkəzinin Eksimer-Lazer şöbəsinin həkim-oftalmoloqu  
E-mail: sidiqe@mail.ru