

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

KERATOKONUS HASTALARINDA KERATOPLASTİ
SONRASI GELİŞEN ASTİGMATİZMADA TOPOGRAFI
YARDIMLI PRK: YÖNETİM, HASTA SEÇİMİ VE SONUÇLAR

UZMANLIK TEZİ
Dr. VELİ CİHAN YAVUZ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. MUSTAFA KAMİL BİLGİHAN

ANKARA
OCAK 2026

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

KERATOKONUS HASTALARINDA KERATOPLASTİ
SONRASI GELİŞEN ASTİGMATİZMADA TOPOGRAFI
YARDIMLI PRK: HASTA SEÇİMİ VE SONUÇLAR

UZMANLIK TEZİ
Dr. VELİ CİHAN YAVUZ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. MUSTAFA KAMİL BİLGİHAN

ANKARA
OCAK 2026

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca emeğini benden hiç esirgemeyen ve asistanlığımın her aşamasında bana büyük katkıları olan tez danışmanım, kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa Kamil BİLGİHAN'a, kliniğimizin kurucusu Sayın Prof. Dr. Berati HASANREİSOĞLU'na, bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Gökhan GÜRELİK'e, eğitimimde büyük emekleri olan değerli hocalarım Prof. Dr. Fikret AKATA, Prof. Dr. Şengül ÖZDEK, Prof. Dr. Onur KONUK, Prof. Dr. Bahri AYDIN, Prof. Dr. Ahmet Murad HONDUR, Prof. Dr. Cüneyt ÖZMEN, Prof. Dr. Erdem YÜKSEL, Prof. Dr. Hatice Tuba ATALAY, Doç. Dr. Betül Seher UYSAL, Doç. Dr. Berçin Tarlan, Doç. Dr. Hüseyin Baran ÖZDEMİR, Dr. Öğr. Üye. Ahmet Yücel ÜÇGÜL'e; şu an uzmanlığını almış kıdemlilerime,

Klinikte ve özel hayatımda sürekli yardımına koşan bütün asistan, hemşire, teknisyen ve personel arkadaşlarıma;

Üzerimde sonsuz emekleri olan değerli annem Hayriye YAVUZ'a ve babam Enver YAVUZ'a;

Tanıştığımız ilk andan beri hayatımı güzelleştiren refika-i hayatım kıymetli eşim Sümeyye YAVUZ'a en içten şükranlarımı sunarım.

Veli Cihan YAVUZ

ANKARA-2026

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	İ
İÇİNDEKİLER	İİ
KISALTMALAR	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	Vİİİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. KORNEA	3
2.1.1. Kornea Embriyolojisi	3
2.1.2. Kornea Anatomisi	3
2.1.3. Kornea Histolojisi	5
2.1.4. Kornea Fizyolojisi	7
2.2. KERATOKONUS	7
2.2.1. Tanım ve Epidemiyoloji	7
2.2.2. Etyopatogenez	8
2.2.3. Histopatoloji	9
2.2.4. Klinik Bulgular	9
2.2.5. Korneal Topografik ve Tomografik Bulgular	11
2.2.6. Sınıflandırma	12
2.2.7. Keratokonus Progresyonu	13
2.2.8. Tedavi ve Yönetim	14

2.3. PENETRAN KERATOPLASTİ	15
2.3.1. Tarihçe	16
2.3.2. Endikasyonlar	16
2.3.3. Preoperatif değerlendirme	17
2.3.4. Donör Kornea Seçimi	17
2.3.5. Cerrahi Teknik	18
2.3.6. Komplikasyonlar	19
2.4. DERİN ANTERİÖR LAMELLER KERATOPLASTİ (DALK)	20
2.4.1. Tarihçe	20
2.4.2. Endikasyonlar	20
2.4.3. Cerrahi teknik	21
2.4.4. Komplikasyonlar	22
2.5. KERATOPLASTİ SONRASI ASTİGMATİZMA	23
2.5.1. Patofizyoloji ve Nedenler	23
2.5.2. Tedavi ve Yönetim	24
2.6. FOTOREFRAKTİF KERATEKTOMİ (PRK)	24
2.6.1. Endikasyonlar	25
2.6.2. Cerrahi teknik	25
2.6.3. Komplikasyonlar	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	29
3.1. HASTA SEÇİMİ VE VERİLER	29
3.2. CERRAHİ ENDİKASYON VE TEKNİK	32
3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	36

4. BULGULAR	38
5. TARTIŞMA	70
6. SONUÇ.....	81
7. KAYNAKÇA.....	82
8. ÖZET	93
9. SUMMARY	96
10. ÖZGEÇMİŞ.....	99
11. EKLER	100

KISALTMALAR

ATP	: Adenozin Trifosfat
BSS	: Dengeli tuz çözeltisi
D	: Diyoptri
DALK	: Derin Anterior Lameller Keratoplasti
DGK	: Düzeltilmemiş görme keskinliği
DM	: Descement Membranı
EİDGK	: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği
EİKK	: En ince kornea kalınlığı
G	: Gauge
GİB	: Göz içi basıncı
GK	: Görme keskinliği
KÇB	: Korneal çapraz bağlama
KK	: Keratokonus
MVR	: Mikrovitreoretinal
ÖS-OKT	: Ön segment optik koherens tomografi
PK	: Penetran Keratoplasti
PTK	: Fototerapötik keratektomi
PRK	: Fotorefraktif keratektomi
SKK	: Santral kornea kalınlığı

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Amsler-Krumeich Sınıflaması.....	12
Tablo 2. Belin ABCD Derecelendirme Sistemi.....	13
Tablo 3. Lazer Uygulanan Hastaların Sayısı ve Oranları.....	38
Tablo 4. Lazer ve Ektazi Gruplarının Demografik Verileri ve Preoperatif Bulgular Açısından Karşılaştırılması.....	40
Tablo 5. Subgrupların Demografik Veriler ve Preoperatif Bulgular Açısından Karşılaştırılması.....	40
Tablo 6. Lazer ve Ektazi Gruplarının Nakil Öncesi ve Sonrası EIDGK Açısından Karşılaştırılması.....	41
Tablo 7. Subgrupların Nakil Öncesi ve Sonrası EIDGK Açısından Karşılaştırılması.....	41
Tablo 8. Ektazi Gelişme Durumu Baz Alınarak Kurulan Lojistik Regresyon Modeli.....	42
Tablo 9. Ektazi Gelişme Durumu Baz Alınarak Kurulan Tek Değişkenli ve Çok Değişkenli Lojistik Regresyon Modeli.....	42
Tablo 10. Hastaların Ektazi Gelişme Durumuna Göre Preoperatif Korneal Topografik Pakimetrik Değerlerinin, Fark ve Oranlarının Karşılaştırılması.....	44
Tablo 11. Subgrupların Ektazi Gelişme Durumuna Göre Preoperatif Korneal Topografik Pakimetrik Değerlerinin, Fark ve Oranlarının Karşılaştırılması.....	45
Tablo 12. Hastaların Ektazi Gelişme Durumuna Göre Nakil Öncesi 7 ve 8 mm Zonlardaki Korneal Kalınlıklarının Cut-off Değerleri.....	47

Tablo 13. Ektazi Olan ve Olmayanların Cerrahi İlişkili Faktörlerinin Karşılaştırılması.....	48
Tablo 14. Subgrup Analizinde Cerrahi İlişkili Faktörlerinin Karşılaştırılması	48
Tablo 15. Lazer Uygulanan Hastaların Geçirilmiş Nakil Türüne Göre Demografik Verileri ve Preoperatif Bulgular Açısından Karşılaştırılması	49
Tablo 16. Lazer Uygulanan Hastaların Yaş, Nakil Öncesi Pakimetrik Değerleri ve Bu Değerlerin Oran ve Farkları, Nakilde Seçilen Punch ve Trepan Çapları.....	50
Tablo 17. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif (Lazer Öncesi) Görsel, Refraktif, Topografik, Tomografik ve Aberasyon Verileri	52
Tablo 18. Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif Bulguların Karşılaştırılması	53
Tablo 19. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif ve Postoperatif Görsel ve Refraksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması.....	55
Tablo 20. Subgrup Analizinde Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif 12. ay ve Final Vizitindeki Görsel ve Refraksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması	56
Tablo 21. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif ve Postoperatif Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması.....	61
Tablo 22. Subgrup Analizinde Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif 12. ay ve Final Vizitindeki Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması	62
Tablo 23. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif ve Postoperatif Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması.....	66
Tablo 24. Subgrup Analizinde Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif 12. ay ve Final Vizitindeki Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Korneanın Tabakaları	4
Şekil 2. Korneanın Epitel Tabakasının Katmanları	5
Şekil 3. Keratokonus İnsidans ve Prevelans Haritaları (100.000 kişi/yıl).....	8
Şekil 4. Keratokonus Muayene Bulguları	10
Şekil 5. Excimer Lazer Etkisinin Moleküler Görüntüsü	25
Şekil 6. Ektazi Risk Analizi (Nakil Öncesi Periferik Pakimetrik Değerler)	31
Şekil 7. Tablo 12'deki Cut-off Değerlerinin ROC ile Belirlenmesi	47
Şekil 8. Hastaların Düzeltilmemiş ve En İyi Düzeltilmiş Görme Keskinliklerinin Zamana Göre Değişimi	54
Şekil 9. Hastaların DGK'da Sıra Kazanım Grafiği	57
Şekil 10. Hastaların EİDGK'da Sıra Kazanım Grafiği	57
Şekil 11. Hastaların Sferik ve Silindirik Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	59
Şekil 12. Hastaların Sferik Eşdeğerlerinin Zamana Göre Değişimi.....	60
Şekil 13. Hastaların Keratometri Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	63
Şekil 14. Zamana Göre Keratometrik astigmat Değişimi	63
Şekil 15. Hastaların Pakimetrik Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	65
Şekil 16. Hastaların Aberometrik Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	68

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Keratokonus (KK); ilerleyici, noninflamatuvar, bilateral, sıklıkla asimetrik seyreden bir hastalık olup stromal incelme ve buna bağlı konik protrüzyon ile karakterize dejeneratif bir ektatik hastalıktır ^{1,2}.

Tipik olarak adölesan dönemde başlayan KK'da, progresyon varlığında korneal çapraz bağlama (KÇB) uygulanır. Progresyon olmayan hastalarda görsel rehabilitasyon erken evrelerde gözlük veya kontakt lens ile sağlanabilirken, ilerleyen evrelerde diğer skar oluşumu, düzensiz astigmatizma nedeniyle diğer yöntemlerle görsel rehabilitasyon sağlanamadığı durumlarda kornea nakli uygulanmaktadır ^{3,4}.

Keratokonusun ileri evrelerinde uygulanan başlıca nakil yöntemleri Penetran Keratoplasti (PK) ve Derin Anterior Lameller Keratoplasti (DALK)'dir. PK, korneanın tam kat değişimiyle optik zonun tamamının yenilenmesini sağlarken, DALK yalnızca stromal dokuyu değiştirip sağlam endotel tabakasını korur. DALK cerrahisinin temel avantajları arasında endotel rejeksiyonu riskinin ortadan kalkması, uzun dönem greft yaşam süresinin artması ve postoperatif steroid kullanım süresinin kısalması yer alır ^{4,5}.

Ancak her iki teknikte de postoperatif dönemde yüksek ve irregüler düzensiz astigmatizma, geç dönem ektazi; görsel rehabilitasyonu sınırlayan başlıca sorunlardır ⁶. Post-keratoplasti olgularda fotorefraktif keratektomi (PRK)

ve topografi rehberli PRK uygulamaları, yüksek astigmatizmanın yönetiminde güvenli ve etkili seçenekler olarak tanımlanmıştır ⁷. Bazı hastalarda greft- alıcı yatak bileşkesindeki ileri düzeyde incelme nedeniyle PRK uygulanamamaktadır.

Bu çalışmada nakil sonrası astigmat nedeniyle görsel rehabilitasyonu gözlük veya kontakt lens ile sağlanamayan hastalarda PRK uygunluğunu değerlendirip, uygun olmayan hastalarda olası risk faktörlerini araştırmayı ve PRK uygulanan hastaların sonuçlarını analiz etmeyi amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. KORNEA

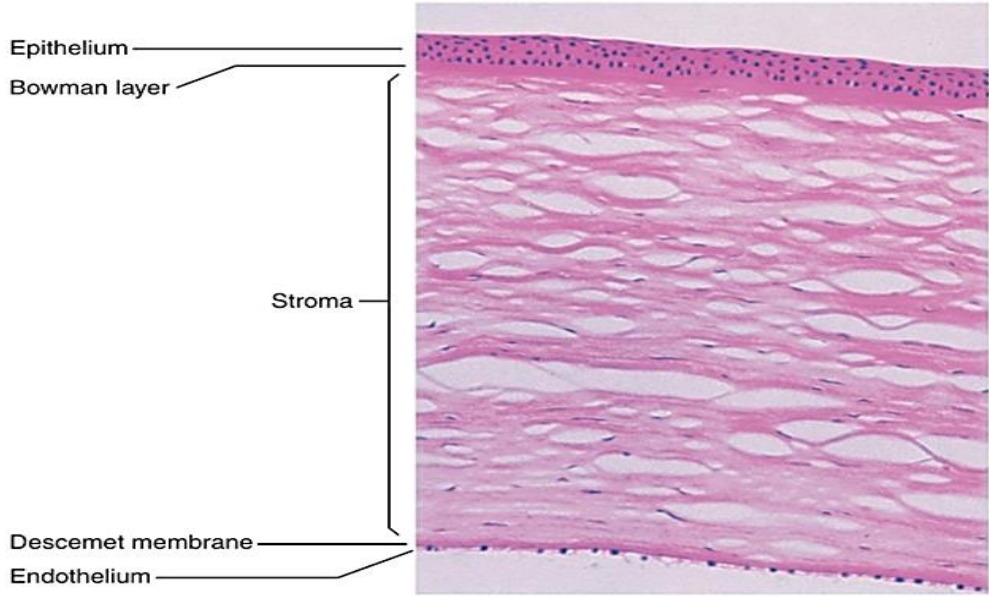
2.1.1. Kornea Embriyolojisi

Kornea, embriyonik gelişimin erken dönemlerinde, yüzey ektoderm, nöroektoderm ve mezenşim kökenli yapılardan farklılaşarak oluşur. Yaklaşık 5. gestasyonel haftada lens vezikülünün yüzey ektoderminden ayrılmasıyla, bu ektoderm tabakası kornea epiteline dönüşür ⁸ Ardından, ilk olarak nöral krest kökenli hücreler bu bölgeye doğru göç ederek kornea endotelini, 7. gestasyonel haftada ise epitel ve endotel arasında mezenşim dokusu kornea stromasını meydana getirir. 8. haftaya gelindiğinde, bu endotel hücreleri önlerinde homojen ve aselüler bir bazal tabaka salgılayarak descemet membranını oluşturur. Doğum sırasında endotel tek katlı hale gelirken stroma, kollajen lifleri ve keratositleriyle birlikte olgun bir yapı kazanır. Bu süreç boyunca epitel hücreleri bazal lamina üzerinde düzenlenerek çok katlı yassı bir yapı haline gelir ve korneanın saydamlığının temeli atılmış olur ⁹.

2.1.2. Kornea Anatomisi

Kornea, gözün ön yüzeyini örten, saydam, avasküler ve konveks bir dokudur. Erişkin insanda ortalama yatay çapı 12 milimetre (mm), dikey çapı ise 11,5 mm civarındadır. Santral kalınlığı ortalama 540 µm olup periferde yaklaşık

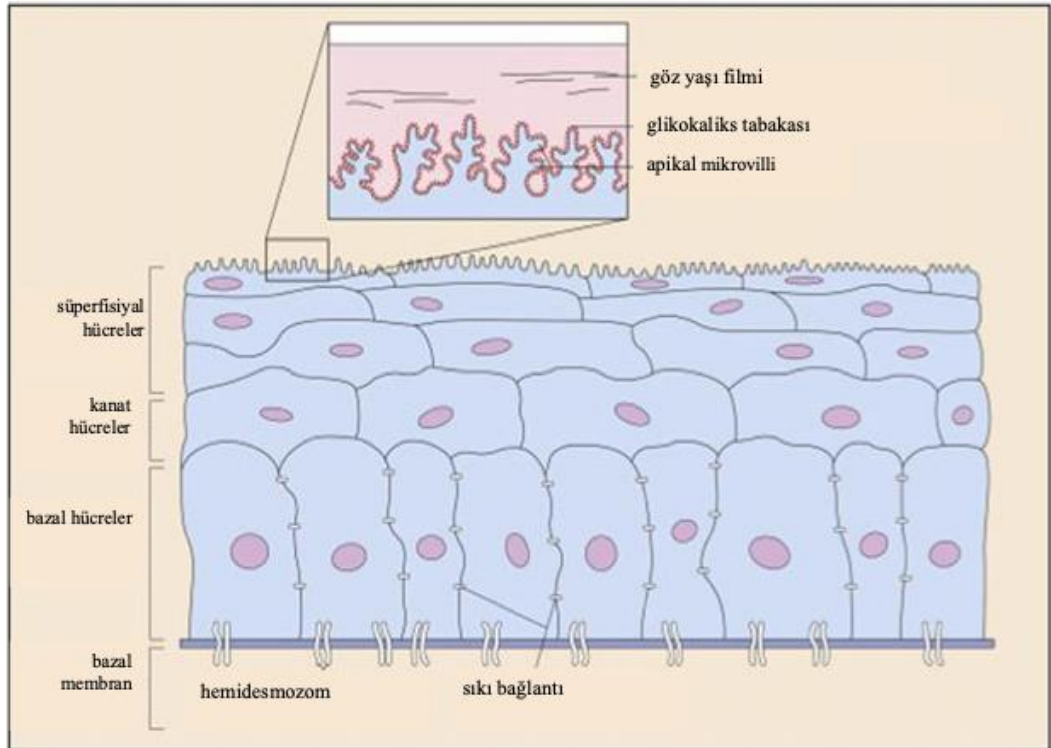
650 ila 700 μm değerlerine ulaşır. Ön yüzeyi dışa doğru konveks, arka yüzeyi konkavdır ve ön kamara sıvısı ile temas halindedir. Ayrıca santralden periferine doğru gidildikçe eğrilik yarıçapı azalmaktadır ve bu da korneanın prolate yapısının oluşmasını sağlamaktadır ¹⁰. Santraldeki 4 mm çapındaki alan ise küresel bir yapıdadır ve korneanın optic bölgesidir. Kornea, göze gelen ışığın kırılmasında önemli rol oynar ve 43 diyoptri (D) kırma gücü ile toplam kırma gücünün yaklaşık dörtte üçünü sağlar. Sklera ile birleşim bölgesi olan limbus, korneanın beslenmesi ve yenilenmesi açısından kritik bir geçiş alanıdır. Kornea dıştan içe doğru beş tabakadan oluşur: epitel, bowman tabakası, stroma, descemet membranı ve endotel ¹¹. (Şekil 1)



Şekil 1. Korneanın Tabakaları

2.1.3. Kornea Histolojisi

Epitel tabakası: Çok katlı yassı ve keratinize olmayan bir epitelidir. Yaklaşık 50 µm kalınlığında olup 5-6 hücre tabakasından meydana gelir. En yüzeydeki hücreler yassılaştırmış ve mikrovillus uzantılarla kaplıdır; bu yapı, gözyaşı filminin stabilitesine katkıda bulunur. Orta tabakalarda 2-3 sıra kanat şeklinde hücreler yer alırken, en altta bazal hücreler bazal membrana hemidezmazomlarla sıkıca tutunur ve bu bağlantı kornea epitelinin alttaki tabakalardan ayrılmasını önleyen en önemli faktörlerden biridir. Bazal hücreler ayrıca mitoz yeteneğine sahip olan tek tabaka olup ortalama ömrü 7-10 gün olan kornea epitelinin yenilenmesinden sorumludur ¹¹. (Şekil 2)



Şekil 2. Korneanın Epitel Tabakasının Katmanları

Bowman tabakası: Epitelin hemen altında bulunan bowman tabakası, 8–14 µm kalınlığında, düzenli kollajen liflerinden oluşan aselüler bir zondur. Rejenerasyon yeteneği sınırlıdır, bu nedenle travma veya cerrahi sonrası defektler skar dokusu ile iyileşir ¹⁰.

Stroma: Kornea kalınlığının %90'ını oluşturan stroma, lameller şekilde dizilmiş tip I kollajen liflerinden oluşur. Bu düzenli dizilim, korneanın saydamlığını sağlayan en önemli histolojik özelliktir. Stromanın ön 1/3'ünde daha iç içe geçmiş ve çok dallı dizilim nedeniyle bu bölge, daha paralel dizilim gösteren arka 2/3'lük kısma göre biyomekanik olarak daha güçlüdür. Stroma içerisinde yer alan keratositler, kollajen lifleri ve ekstrasellüler matriksin sentezinden ve onarımından sorumludur ¹².

Descement membranı: Tip IV kolajen ve lamininden oluşan bu tabaka endotel hücrelerinin bazal membranı olup gerçek bir bazal membrandır. Doğumda 3-4 µm kalınlıkta iken yaşam boyu kalınlaşır ve erişkin dönemde 10-12 µm'a ulaşır.

Endotel tabakası: En içteki endotel tabakası tek sıra halinde altıgen hücrelerden oluşur ve stromal hidrasyonun dengelenmesinde görev alır. Yaşla birlikte sayısı azalmakta olup hücrelerin mitoz yeteneği yoktur. Çocukluk çağında 3000-4000 hücre/mm² olan hücre yoğunluğu 80 yaşında 1000-2000 hücre/mm² civarına gerilemektedir ¹².

2.1.4. Kornea Fizyolojisi

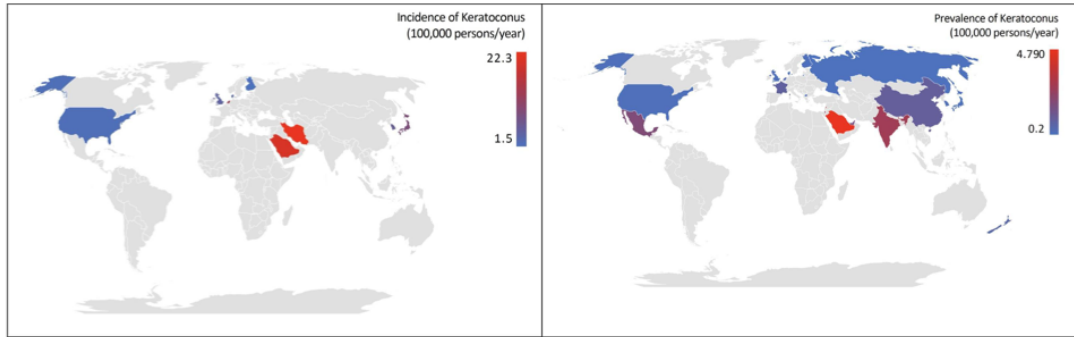
Kornea, saydamlığını epitel ve endotel bütünlüğü ile stromal dehidratasyonun korunması sayesinde sürdürür. Endotel hücrelerinde bulunan sodyum-potasyum ATPaz pompaları, stromadaki sıvıyı ön kamaraya geçirerek stromal ödemin oluşmasını engeller. Kornea avasküler bir doku olduğundan, besin ve oksijenini gözyaşı, aköz humor ve atmosferden difüzyon yoluyla alır. Metabolik faaliyetlerinde esas enerji kaynağı glukozdur ve anaerobik glikoliz baskın metabolik yoldur. Epitel hücreleri, kornea yüzeyinde enfeksiyonlara karşı fiziksel ve immünolojik bir bariyer oluşturur. Kornea, trigeminal sinirin oftalmik dalı aracılığıyla yoğun biçimde innerve edilmiştir. Bu sinir ağının duyuşal uyarıları, refleks gözyaşı salınımını ve koruyucu refleksleri tetikleyerek doku bütünlüğünün sürdürülmesini sağlar¹².

2.2. KERATOKONUS

2.2.1. Tanım ve Epidemiyoloji

Keratokonus, korneanın santral veya parasantral bölgesinde stromal incelme ve öne doğru konik protrüzyonla karakterize, genellikle bilateral ancak sıklıkla asimetrik seyreden progresif bir ektatik hastalıktır. Bu morfolojik değişiklikler sonucunda düzensiz astigmatizma, miyopi ve korneal skarlaşma gelişir; bu da hastalarda görme kalitesinde belirgin azalmaya yol açar¹³. Hastalık genellikle ikinci veya üçüncü dekatta başlar ve dördüncü dekada kadar ilerleme eğilimi gösterir¹⁴. Epidemiyolojik çalışmalarda keratokonusun görülme sıklığı yaklaşık 1/2000 olarak bildirilmekle birlikte, ileri tanı yöntemlerinin kullanımının

artmasıyla bu oran daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Keratokonus prevalansı 0.2-4.790/100.000 , insidansı 1.5-25/100.000 olarak bildirilmiştir. Prevalans ve insidans etnik köken, coğrafi bölge ve kullanılan tanı kriterlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir¹⁵. (Şekil 3)



(Santodomingo-Rubido, J., et al., Keratoconus: An updated review. Contact Lens and Anterior Eye, 2022. 45(3): p. 101559)

Şekil 3. Keratokonus İnsidans ve Prevelans Haritaları (100.000 kişi/yıl)

2.2.2. Etyopatogenez

Keratokonusun etyopatogenezi multifaktöriyel olup genetik yatkınlık, çevresel ve biyomekanik faktörlerin karmaşık etkileşimi sonucu ortaya çıkar. Hastalığın oluşumunda göz ovuşturma, alerjik konjonktivit, atopi, uzun süreli kontakt lens kullanımı, ultraviyole (UV) maruziyeti ve oksidatif stres gibi çevresel faktörler önemli rol oynar¹⁶. Son yıllarda, keratokonus gelişiminde kaskad (şelale) hipotezi ön plana çıkmıştır¹⁷. Bu hipoteze göre, genetik yatkınlığı olan bireylerde mekanik travma ve inflamatuvar uyarılar sonucu epitel ve stromal hücrelerde biyokimyasal yanıt başlamakta; bu süreçte matriks metalloproteinaz (MMP)

aktivasyonu, kolajen yıkımı ve keratosit apoptozisi gerçekleşmektedir. Bu moleküler olaylar kornea stromasında incelme ve yapısal zayıflama ile sonuçlanır¹⁷.

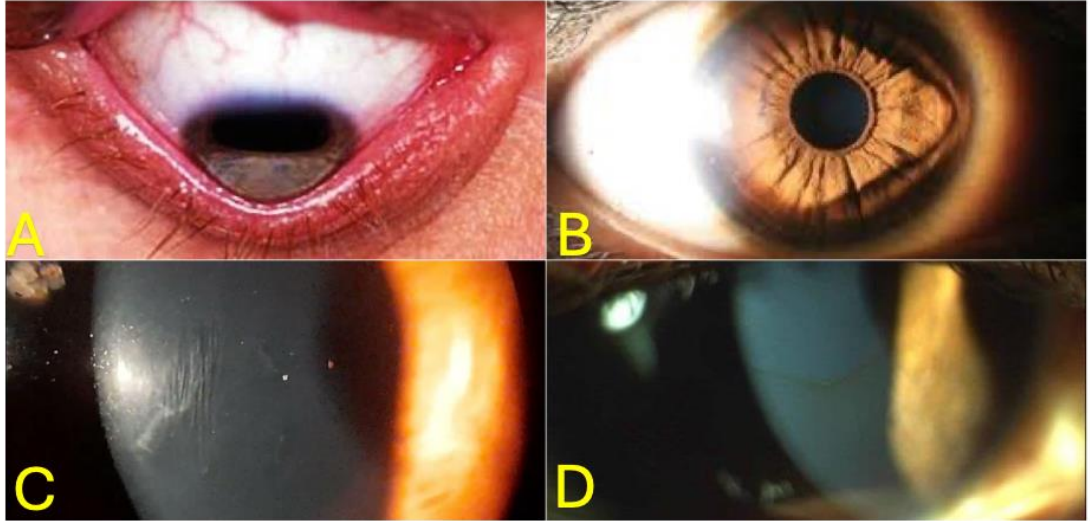
2.2.3. Histopatoloji

Keratokonslu korneal dokularda en belirgin histopatolojik bulgular, epitel bazal membranında fragmantasyon, Bowman tabakasında yırtıklar veya defektler, stromada incelme, skarlaşma ve düzensiz kollajen dizilimi ile karakterizedir. Elektron mikroskopik çalışmalarda keratosit yoğunluğunda azalma, fibriller arası düzensizlik ve subbazal sinir pleksusunda deformasyon tanımlanmıştır. Bu değişiklikler korneanın biyomekanik dayanıklılığını zayıflatır ve ektazik deformiteyi kolaylaştırır¹⁸⁻²⁰. Ayrıca keratokonusta bütün korneal tabakaların hastalıktan etkilenmesiyle birlikte, erken dönemlerinde ilk olarak epitelin etkilendiği bildirilmiştir^{20,21}.

2.2.4. Klinik Bulgular

Keratokonsl hastaları genellikle ilerleyici görme azalması, sık gözlük numarası değişimi ve gece görüşünde bozulma şikayetleri ile başvurur. Erken evrelerde görme keskinliğinde azalma, düzensiz astigmatizma ve monoküler diplopi izlenirken; ileri evrelerde korneal incelme, apikal skar ve hidrops gelişebilir. Biyomikroskopik olarak Fleischer halkası, Vogt çizgileri, Munson bulgusu ve Rizzuti belirtisi klasik muayene bulgularıdır. Klinik bulguların bir kısmı **Şekil 4**'te gösterilmiştir. Fleischer halkası, kon alanının çevresinde yarım veya tam halka şeklinde, epitel altı demir birikimi sonucu oluşur ve mavi filtre ile

daha iyi görülebilir. Munson belirtisi, hasta aşağı bakarken kon alanının baskısı sonucu alt kapakta oluşan ‘V’ şeklindeki görünümüdür. Vogt çizgileri, ektatik korneada arka stromadaki gerilmeye bağlı oluşan dikey çizgilenmelerdir^{22,23}. Hastalığın ileri evrelerinde korneal skar gelişimi, kornea apeksinde belirgin incelme ve stromal bulgulara sekonder hidrops tablosu ortaya çıkabilir. Akut korneal hidrops, descement membranının yırtılması sonucu stromaya ani sıvı sızıntısıyla meydana gelir ve ani görme kaybı ile karakterizedir. Bu tablo genellikle kendini sınırlayıcı olup, epitelin yeniden bütünlüğü kazanmasıyla skar formasyonu bırakır²⁴.



A: Munson bulgusu, B: Rizutti bulgusu, C: Vogt striaları, D: Fleischer halkası

Şekil 4. Keratokonus Muayene Bulguları

2.2.5. Korneal Topografik ve Tomografik Bulgular

Keratokonus tanısı klinik muayene, topografik, tomografik ve biyomekanik ölçümlerle konur. Erken evrelerde tanı çoğunlukla korneal topografi ve tomografi yardımıyla mümkündür. Günümüzde Scheimpflug kamera sistemleri (Pentacam), optik koherens tomografi (OCT) (MS-39, Galilei) ve Placido disk tabanlı sistemler en sık kullanılan cihazlardır²⁵. Placido disk tabanlı sistemlerde korneanın arka yüzü değerlendirilemezken, Scheimpflug ve OCT tabanlı sistemlerde kornea arka yüzü ile ilgili ölçümler yapılabilmekte ve bu da daha güvenilir sonuçlar vermektedir.²⁵ Topografik haritalarda karakteristik olarak inferotemporal bölgede korneal dikleşme ve asimetri izlenir. Aksiyel (sagittal) haritalar daha geniş alan bilgisi verirken tanjansiyel haritalar daha lokal diklik değişimlerini gösterir ve koni lokalizasyonunun belirlenmesinde daha duyarlıdır. Elevasyon haritalarında ön ve arka kornea yüzeyinde elevasyon saptanır; posterior yüzeydeki erken değişiklikler, hastalığın başlangıç göstergelerindendir. Korneal kalınlık haritaları incelme bölgesinin yerini ve derecesini gösterir; tipik olarak sıklıkla inferotemporal bölgede izlenir^{26,27}. Belin/Ambrosio Enhanced Ectasia Display (BAD-D) analizi, özellikle subklinik olguların ayırımında değerli bir parametredir. Ayrıca, korneanın biyomekanik özellikleri Ocular Response Analyzer veya Corvis ST gibi cihazlarla değerlendirilebilir; bu testlerde korneal rijiditede azalma, deformasyon amplitüdünde artış izlenir²⁸. Keratokonusun tanısında klinik bulgularla birlikte bu objektif verilerin değerlendirilmesi, hastalığın hem erken saptanması hem de progresyon takibinde önemlidir.

2.2.6. Sınıflandırma

Sınıflandırmada Amsler-Krumeich sınıflaması, Morfolojik (Buxton), Hom's sınıflaması, Keratometrik, Belin ABCD sınıflaması, RETICS sınıflaması, Alio-Shabayek sınıflaması gibi farklı sistemler kullanılmaktadır.

Morfolojik (Buxton) sınıflama: Konusun büyüklüğü, şekli ve yerleşimine göre tanımlanır. 5 mm'den küçük daha santral yerleşimli olanlar nipple koni olarak adlandırılırken; elipsoid şekilli inferotemporal bölgede 5-6 mm büyüklüğündeki konilere oval koni denilmektedir. Ayrıca konus alanı, korneanın %75 ve daha fazlasını kaplıyorsa glob koni olarak adlandırılmaktadır²⁹.

Keratometrik sınıflama: Keratometri değerine göre 3 grupta incelenir; < 48 D ise *hafif*, 48-54 D ise *orta*, 54 D ve üzeri ise *ileri* form kabul edilir.

Amsler-Krumeich sınıflaması, keratometri değerleri, miyopi/astigmatizma derecesi, korneal kalınlık ve skar varlığına göre dört evreye ayırır. (**Tablo 1**) Ancak bu sistemin yalnızca ön yüzey parametrelerine dayanması, erken değişiklikleri gözden kaçırabilmektedir.

Tablo 1. Amsler-Krumeich Sınıflaması

EVRE	Ortalama Keratometri (D)	Kornea Kalınlığı (µm)	Sferik Eşdeğer	Kornea
1	<48 D	>500 µm	<-5 D	Skar yok
2	48-53 D	400-500 µm	(-5,-8) D	Skar yok
3	54-55 D	200-400 µm	>-8 D	Skar yok
4	>55 D	<200 µm	Ölçülebilir değil	Santral skar

Daha güncel bir yaklaşım olan Belin–ABCD sınıflaması, korneal kalınlığın en ince olduğu noktayı merkez alan 3 mm’lik bölgedeki ön ve arka yüzey dikliği (A, B), en ince pakimetri değeri (C) ve en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (D) parametrelerini birlikte değerlendirir³⁰. **(Tablo 2)**

Tablo 2. Belin ABCD Derecelendirme Sistemi

EVRE	A	B	C	D
EVRE 0	>7,25 mm (<46,5 D)	>5,90 mm (<57,25 D)	>490 µm	=20/20 (=1,0)
EVRE 1	>7,05 mm (<48,0 D)	>5,70 mm (<59,25 D)	>450 µm	<20/20 (<1,0)
EVRE 2	>6,35 mm (<53,0 D)	>5,15 mm (<65,5 D)	>400 µm	<20/40 (<0,5)
EVRE 3	>6,15 mm (<55,0 D)	>4,95 mm (<68,5 D)	>300 µm	<20/100 (<0,2)
EVRE 4	<6,15 mm (>55,0 D)	<4,95 mm (>68,5 D)	=300 µm	<20/400 (<0,05)

Bu sistem, hem topografik hem tomografik verileri entegre ettiği için günümüzde klinik takipte daha sık tercih edilmektedir.

2.2.7. Keratokonus Progresyonu

Keratokonusun seyri bireyden bireye değişken olup, bazı olgularda uzun yıllar stabil kalabilirken bazılarında hızlı progresyon gösterebilir. Progresyon, korneal yapısal zayıflamanın artmasıyla birlikte kırıcılık değerlerinde ve morfolojide bozulma ile tanımlanır. Progresyonun objektif olarak değerlendirilmesi için maksimum keratometri (Kmax), en ince kornea kalınlığı (EİKK), ön ve arka yüzey elevasyonları, astigmatizma derecesi ve sferik eşdeğer değerlerinin zaman içindeki değişimleri dikkate alınır. Özellikle ardışık

ölçümlerde Kmax'ta ≥ 1 diyoptrilik artış veya en ince kornea noktasında ≥ 10 mikron veya %5'ten daha fazla incelme progresyon göstergesi olarak kabul edilir³¹. Son yıllarda Scheimpflug tabanlı tomografinin getirdiği “Belin Progression Display” modülü, hastalığın seyrini objektif olarak takip etmede önemli kolaylık sağlamıştır. Klinik olarak progresyonun erken saptanması, korneal çapraz bağlama gibi tedavilerin zamanında uygulanabilmesi açısından büyük önem taşır.

2.2.8. Tedavi ve Yönetim

Hastalığın takibinde düzenli topografik kontrol ve göz ovalama gibi mekanik travmalardan kaçınılması önemlidir. Atopik bireylerde alerjik durumların kontrol altına alınması, progresyon riskini azaltır. Ayrıca, genetik yatkınlığı olan bireylerin yakın izlenmesi erken tanı açısından kritik öneme sahiptir. Keratokonus tedavisinin amacı hastalığın ilerlemesini durdurmak, korneanın şekil bütünlüğünü korumak ve fonksiyonel görmeyi sürdürmektir. Tedavi stratejisi, progresyon varlığına ve hastalığın evresine göre planlanır.

Gözlük veya kontakt lensler: Erken evrelerde gözlük veya yumuşak kontakt lenslerle yeterli görme sağlanabilir. Ancak korneal düzensizlik arttıkça, rigid gaz geçirgen kontakt lensler, piggy back, hibrit lensler veya skleral lensler tercih edilir³². Bu yöntemler, kornea yüzeyini optik olarak düzleştirerek görme kalitesini artırır³³.

Korneal çapraz bağlama (KÇB): Son yıllarda, progresyonun durdurulması amacıyla korneal çapraz bağlama (KÇB) tedavisi öne çıkmıştır. Riboflavin

(vitamin B2) ve ultraviyole A (UVA) ışınlarının etkileşimiyle kollajen lifleri arasında kovalent bağlar oluşturularak stromal rijidite artırılır. “Dresden protokolü” olarak bilinen klasik yöntemde epitel kaldırılarak uygulanır; transepitelyal veya hızlandırılmış protokoller de çeşitli avantajlar sağlamaktadır³⁴. KÇB’nin erken dönemde uygulanması, nakil ihtiyacını anlamlı ölçüde azaltmaktadır³⁵.

İleri evrelerde görsel rehabilitasyonun kontakt lensle sağlanamadığı durumlarda cerrahi seçenekler değerlendirilir. Korneal düzensizlik sınırlı ise intrastromal halka segmentleri (INTACS) korneaya mekanik destek sağlayarak eğriliği azaltabilir.

Keratoplasti: Daha ileri ektazilerde kornea nakli gerekebilir. Endotel tabakası sağlam olan hastalarda DALK, endotel bütünlüğünü koruduğu için tercih edilir. Bu teknikte hasta endoteli korunur, yalnızca stromal tabaka donör dokuyla değiştirilir ve endotelyal reddin önüne geçilir⁵. Endotel hasarı veya skarlaşmanın derin olduğu olgularda ise PK uygulanır. Cerrahi sonrası düzensiz astigmatizma gelişebilir; gerekirse topografi kılavuzlu fotorefraktif keratektomi (PRK) veya transepitel fototerapötik keratektomi (t-PTK) gibi yüzey ablasyon teknikleriyle optik rehabilitasyon sağlanabilir⁷.

2.3. PENETRAN KERATOPLASTİ

Kusurlu korneanın tüm tabakalarının sağlam kornea ile değiştirilmesine penetran keratoplasti, bazı tabakalarının değiştirilmesine ise lamellar keratoplasti denilmektedir. Lameller nakil çeşitleri, endotel korunumu sayesinde reddi ve uzun

dönem endotel yetmezliğini azaltması nedeniyle son zamanlarda penetran nakle göre daha çok tercih edilmektedir. Penetran keratoplasti, endotel tutulumunun bulunduğu ileri korneal patolojilerde halen en etkili cerrahi seçenektir. Lameller keratoplasti tekniklerinin yaygınlaşmasına rağmen, yapısal bütünlüğün bozulduğu tam kat lezyonlarda anatomik ve fonksiyonel başarı açısından önemini korumaktadır.

2.3.1. Tarihçe

İlk başarılı tam kat kornea nakli 1905 yılında Eduard Zirm tarafından gerçekleştirilmiş ve bu uygulama modern kornea cerrahisinin temelini oluşturmuştur. Mikroskopik tekniklerin gelişimi, sütür materyallerinin iyileştirilmesi ve doku saklama koşullarının standardizasyonu ve immunsupresif ilaçların kullanımı sayesinde penetran keratoplasti günümüzde yüksek başarı oranlarına ulaşmıştır³⁶.

2.3.2. Endikasyonlar

Kornea nakli amacına göre 4 başlık altında sınıflanır:

Terapotik keratoplasti: Antimikrobiyal tedaviye yanıtızsız keratit vakalarında enfektif kısmın çıkarılması amacıyla yapılan keratoplastidir ve tüm tedavi seçeneklerinden sonra seçenek olarak düşünülmelidir³⁷.

Tektonik keratoplasti: Göz küresi bütünlüğünü korumak amacıyla yapılır.

Endikasyonları arasında korneal melting, perforasyon veya desmatosel gibi durumlar vardır.

Kozmetik keratoplasti: görme ümidi olmadan, dışarıdan normal görünmesi amacıyla opak kornealarda nadiren uygulanabilmektedir.

Optik keratoplasti: görmeyi artırmak maksadıyla saydam bir kornea için uygulanır ve en sık endikasyonudur. Endikasyonları arasında KK, büllöz keratopati, kornea distrofileri, stromal skar gibi durumlar vardır.

2.3.3. Preoperatif değerlendirme

Ameliyat öncesi dönemde hastanın genel durumu, oküler yüzey sağlığı ve kornea morfolojisi ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir. Korneal kalınlık ve ektazik alanların derinliği topografi, pakimetri ve ön segment optik koherens tomografi ile incelenir. Endotel fonksiyonu speküler mikroskopiyle değerlendirilir. Göz içi basıncı kontrol altında olmalı, aktif inflamasyon veya enfeksiyon bulunmamalıdır. Sistemik hastalıklar (örneğin diyabet, romatolojik hastalıklar) yara iyileşmesini etkileyebileceği için preoperatif dönemde optimize edilmelidir.

2.3.4. Donör Kornea Seçimi

Donör dokunun kalitesi operasyon başarısında belirleyici bir faktördür. Donör yaşı genellikle 10–65 yaş aralığında olmalıdır. Ölümünden sonra kornea alınma süresi 12-18 saati geçmemelidir. Donör korneanın canlılığını koruma süresi; +4°C’de Optisol GS gibi besi ortamlarında muhafaza edildiğinde 10 gün, organ kültüründe +37°C’de muhafazasında ise 21 gündür. Endotel hücre yoğunluğu 2000 hücre/mm²’nin üzerinde olan kornealar tercih edilir^{38,39}.

Donör seçiminde kontrendikasyonlar⁴⁰:

- Nedeni bilinmeyen ölüm
- Septisemi
- Çeşitli ensefalitler (örn. subakut sklerozan panensefalit, progresif multifokal lökensefalopati, aktif viral veya bakteriyel enfalit)
- Konjenital rubella
- Aktif bakteriyel veya fungal endokardit
- Son 6 ay içinde, kuduz virüsü ile enfekte olduğu düşünülen bir hayvan tarafından ısırılma öyküsü veya kuduz virüsü enfeksiyonu şüphesi
- Down sendromu
- Bazı oküler hastalıklar: Retinoblastom, glokom, üveit, keratokonus, ön segment malign tümörleri, ileri evre pterjiumlar
- Aktif lösemiler, lenfomalar
- AIDS, aktif viral hepatitler
- Parkinson hastalığı, ALS, multipl skleroz, Alzheimer hastalığı
- Creutzfeldt-Jakob hastalığı

2.3.5. Cerrahi Teknik

Cerrahi genellikle mikroskop altında genel veya peribulber anestezi altında uygulanır. Göz steril olarak hazırlandıktan sonra blefarosta yerleştirilir. Özellikle afak vakalarda hipotoniye bağlı glob kollapsını engellemek amacıyla Flieringa halkası kullanılabilir⁴¹. Alıcı kornea trepan ile tam kat çıkarılır. Donör greft, alıcıdan genellikle 0.25–0.50 mm daha geniş çapta hazırlanır⁴². Alıcı yatak ve donör çapı sırasıyla 7,5-8 mm olduğunda 4 D, 8-8,5 mm olduğunda 2,5 D miyopik kaymaya sebep olur. 7,5-7,75 mm olduğunda ise kayma izlenmez. Alıcı

yatak ile donör kornea aynı çapta olduğunda ise düz korneaya sebep olarak hipermetropik kaymaya neden olur⁴². Greft yerleştirildikten sonra 10-0 naylon sütürlerle 16 tek veya 8 tek ve devamlı sütür kombinasyonu kullanılarak tespit edilir. Sütür geçişleri, enfeksiyon ve sızıntı riski nedeniyle tam kat olmamalı, %80-90 derinlikte olmalıdır⁴³. Sütürlerin gerginliği simetrik olmalı, postoperatif astigmatizmayı minimize edecek şekilde dengelenmelidir. Sütür alımı topografik verilere göre aşamalı olarak planlanır. Sütürler postoperatif yara iyileşmesi tamamlandıktan sonra ortalama 12. ayda alınmalıdır. Erken dikiş alınması donör alıcı yatak ayrılmasına neden olabilir. Kontrollerde kopmuş ya da gevşek sütürler enfeksiyon ve rejeksiyon riskini önlemek için alınmalıdır.

2.3.6. Komplikasyonlar

Erken dönemde en sık karşılaşılan komplikasyonlar arasında yara yeri sızıntısı, epitel defekti, artmış göziçi basıncı (GİB), ön kamarada hemoraji ve greft ödemi bulunur. Bu komplikasyonların çoğu konservatif tedaviye yanıt verir. Geç dönemde ise endotel hücre kaybına bağlı greft reddi, greft saydamlığının kaybolması, yüksek astigmatizma, glokom ve katarakt gelişimi görülebilir. Greft reddi, endotel tabakasına karşı gelişen immünolojik reaksiyon sonucu ortaya çıkar ve erken tanı konulduğunda immünsupresif tedaviyle başarılı bir şekilde kontrol altına alınabilir. Uzun süreli topikal steroid tedavisi gerekebilir; ancak bu tedavi glokom riskini artırabileceği için hastalar düzenli takip edilmelidir⁴⁴.

2.4. DERİN ANTERİOR LAMELLER KERATOPLASTİ (DALK)

2.4.1. Tarihçe

Korneal hastalıkların tedavisinde lameller cerrahinin temelleri 19. yüzyıla kadar uzanır. İlk lameller greft uygulamaları 1830'da Von Walther tarafından tanımlanmış, daha sonra Arthur Von Hippel tarafından 1874'te ilk kez yapılmıştır. Anwar'ın 2002'de tanımladığı "Big-Bubble" tekniği, DALK'nin yaygınlaşmasında dönüm noktası olmuştur⁴⁵. Bu teknik, pnömatik diseksiyon yardımıyla Descemet membranı (DM) ile stroma arasında bir hava kabarcığı oluşturarak cerrahi süreyi kısaltmış ve görsel sonuçları belirgin biçimde iyileştirmiştir. Sonraki yıllarda femtosaniye lazer destekli lameller diseksiyon, visko-diseksiyon ve hidro-ayırıştırma yöntemleri de DALK cerrahisinde alternatif yaklaşımlar olarak tanımlanmıştır.

2.4.2. Endikasyonlar

DALK, kornea endoteli sağlam ancak stroması opak ya da yapısal olarak bozulmuş olgularda tercih edilir.

Başlıca endikasyonlar:

- Keratokonus, özellikle Descemet membranının intakt olduğu ileri evre olgular,
- Stromal distrofiler (maküler, granüler, lattice tipi),
- Travmatik veya enfeksiyöz stromal skarlar,
- Post-LASIK ektazi ve iatrojenik ektaziler,

- Yüzeyel stromal lezyonlar veya rejeksiyon riski yüksek hastalar (örneğin tek gözlü hastalar veya çocuklar).

Endotel fonksiyonunun korunmuş olması, DALK'nin en kritik hasta seçim kriteridir. Çünkü DALK'de hastanın kendi endoteli korunduğundan endotel reddi riski ortadan kalkar ve uzun dönem greft sağkalımı PK'ye göre belirgin biçimde daha iyidir⁴⁶.

2.4.3. Cerrahi teknik

Sırasıyla alıcı yatağın hazırlanması, greftin hazırlanması ve sutureasyon aşamaları ile cerrahi tamamlanır.

1. Alıcı yatak hazırlanması

⇒ Big bubble tekniği

Alıcı korneaya ortalama 7,5–8,5 mm çapında trepan ile %60-70 derinliğe kadar kesi yapılır. 26 Gauge iğne ile korneal stromaya hava enjekte edilerek Descemet membranından ayrılması sağlanır. Hava kabarcığının tipine göre Tip 1 (merkezden periferik genişleyen) veya Tip 2 (periferden merkeze ilerleyen) 'big bubble' oluşabilir⁴⁷.

⇒ Kademeli Lameller Diseksiyon Tekniği (Antero-posterior)

Vakum trepan ile %60-80 derinliğe kadar kesi yapılır. Ardından stroma kresent bıçak ile kademeli olarak diseke edilir. Stroma maksimum seviyede diseke edilemeye çalışılsa da alıcı yatakta bir miktar stroma kalabilmektedir.

⇒ Melles Tekniği (Postero-anterior)

- ⇒ Viskoelastik ile Diseksiyon Tekniđi⁴⁸
- ⇒ Hidrodelminasyon ile Diseksiyon Tekniği
- ⇒ Excimer Lazer Destekli Diseksiyon

2. Greftin hazırlanması

Donör kornea dokusunun endotel tarafı tripan mavisi ile boyanarak desme-endotel kompleksi soyulup greft hazır hale getirilir.

3. Sütürasyon

Greft alıcı yatağa yerleştirilip 10-0 naylon sütünlerle tek tek veya devamlı olarak veya bunların kombinasyonu şeklinde sütünre edilir. Sütünlerin tümü genellikle ameliyat sonrası 1. yılda alınır⁴⁵.

2.4.4. Komplikasyonlar

DALK, PK'ye göre daha güvenli olmakla birlikte kendine özgü komplikasyonlar barındırır:

- İntraoperatif mikro veya makro-perforasyon: en sık komplikasyondur; DM'nin yırtılması çift ön kamara oluşumuna yol açabilir⁴⁹. Küçük perforasyonlar SF6 gaz tamponadıyla yönetilebilirken büyük perforasyonlarda PK'ye geçmek gerekebilir.
- Çift ön kamara: özellikle mikroperforasyonlar sonrası arayüze sıvı veya viscoelastik geçişi nedeniyle oluşur. Küçük ise spontan gerileyebilir ancak büyük ise ön kamaraya SF6 veya C3F8 gibi tamponad vermek gerekebilir.

- Graft-host bileşkesi düzensizlikleri ve astigmatizma: sütürlerin gerginliği ve yerleşimi astigmatizmayı etkiler. Ayrıca uzun dönemde ektazi veya nüks nedeniyle de oluşabilir.
- Postoperatif ektazi veya rezidüel stromal opasite: özellikle yetersiz diseksiyon derinliğinde görülebilir.
- Yüzey epitel defektleri, enfeksiyon ve yara yeri skarlaşması nadiren gelişir.

Endotelin korunması sayesinde endotelial red reaksiyonu DALK’de izlenmez; bu da uzun dönemde greft ömrünü uzatır ve tekrarlayan rejeksiyon riskini minimize eder. Görsel sonuçlar genellikle PK ile benzer düzeyde olup, kornea biyomekaniği daha stabil seyreder.

2.5. KERATOPLASTİ SONRASI ASTİGMATİZMA

Keratoplasti sonrası dönemde ortaya çıkan düzensiz veya yüksek dereceli astigmatizma, görsel kalitenin ve refraksiyonun stabilitesinin yeniden kazanılmasını sıklıkla engeller⁵⁰. Literatürde keratoplasti sonrası %20–40 oranında düzensiz astigmatizma bildirilmektedir^{51,52}. Bu refraktif bozukluk, gözlük veya yumuşak kontakt lenslerle yeterince düzeltilemediğinde, hasta memnuniyetini ve görme kalitesini belirgin biçimde azaltır⁵³.

2.5.1. Patofizyoloji ve Nedenler

Postkeratoplasti astigmatizmanın temel nedenleri arasında donör-alıcı uyumsuzluğu, eksantrik trepanizasyon, asimetrik sütür gerginliği ve greft-host bileşkesinde farklı korneal kalınlık profilleri yer alır⁵⁴. Graft-host bileşkesindeki şekil bozuklukları ve yara yeri asimetrisi, düzensiz korneal yüzey oluşumuna yol

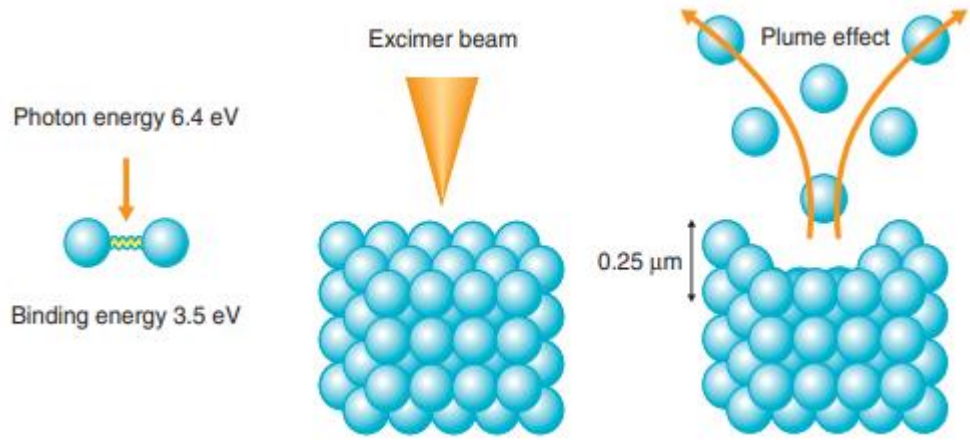
açarak yüksek dereceli aberasyonların gelişmesini tetikler⁵¹. Bu nedenle, keratoplasti sonrası görme keskinliği yalnızca greftin saydamlığına değil, aynı zamanda korneal yüzeyin ve greft-host bileşkesinin düzgün olmasına da bağlıdır⁵⁰.

2.5.2. Tedavi ve Yönetim

İlk basamakta gözlük ve rijid gaz geçirgen kontakt lensler kullanılsa da, intolerans, enfeksiyon riski, korneal neovaskülarizasyon ve greft reddi riski bu yöntemlerin etkinliğini sınırlamaktadır⁵⁴. Nakil sonrası astigmatizması olan hastaların %8-20'sinin gözlük veya kontakt lensi tolere edemediği ve cerrahi tedavi gerektiği bildirilmiştir.^{55,56} Cerrahi düzeltme seçenekleri arasında astigmatik sütür ayarlaması, astigmatik keratotomi, wedge rezeksiyonu, intrakorneal halka implantasyonu, intraoküler lens implantasyonu ve PRK yer alır^{57,58}.

2.6. FOTOREFRAKTİF KERATEKTOMİ (PRK)

Fotorefraktif keratektomi (PRK), excimer lazer kullanılarak korneanın ön stromal tabakalarının yeniden şekillendirilmesiyle kırma kusurlarının düzeltilmesini sağlayan yüzey ablasyon tekniğidir. (Şekil 5) 1988 yılında ilk kez uygulanan PRK, refraktif cerrahi tarihinde ilk lazer temelli korneal yüzey cerrahisi olarak kabul edilir⁵⁹.



Şekil 5. Excimer Lazer Etkisinin Moleküler Görüntüsü

2.6.1. Endikasyonlar

PRK; düşük ve orta düzeyde miyopi, astigmatizma veya hipermetropi olgularında, korneal kalınlığın LASIK için yetersiz olduğu veya flep oluşturma riskli kabul edildiği durumlarda tercih edilmektedir. Ayrıca travma sonrası irregüler astigmatizma, distrofiye bağlı yüzey düzensizlikleri, keratokonus veya keratoplasti sonrası rezidüel refraksiyon kusurları ve terapötik amaçlı uygulamalar için de kullanılabilir^{60,61}. Son yıllarda kişiselleştirilmiş topografi veya wavefront-rehberli PRK teknikleri ön plana çıkmıştır. Bu yöntemler, korneal yüzeydeki irregülerlikleri düzenleyerek daha simetrik bir ön yüzey elde etmeyi hedefler⁵⁰. Ayrıca topografi- rehberli PRK'nin klasik PRK'ye göre yüksek dereceli aberasyonları daha etkili biçimde azalttığını bildiren çalışmalar mevcuttur⁶².

2.6.2. Cerrahi teknik

Cerrahi genellikle mikroskop altında topikal anestezi altında uygulanır. Göz steril olarak hazırlandıktan sonra blefarosta yerleştirilir. Cihazın kırmızı ışığı

pupil merkezine getirilerek santralizasyon sağlanarak epitel uzaklaştırılır ve stromal ablasyon uygulanır. Epitel uzaklaştırılması için 4 çeşit yöntem uygulanabilir:

1. Mekanik debridman: Trepan ile çevresi işaretlenip çevreden merkeze olacak şekilde spatül ile epitel kaldırılır⁶³.
2. Alkol ile debridman: 6-7 mm'lik alkol havuzu içine %20'lik alkol damlatılıp 30 saniye beklenip BSS ile yıkanarak uzaklaştırılır. Ardından bir forseps ile gevşeyen epitel uzaklaştırılır⁶⁴.
3. Döner fırça ile debridman: Döner fırça ile epitel soyulur⁶⁵.
4. Lazerle debridman: Cihazının PTK (Fototerapotik Keratektomi) seçeneğinde 50-55 mikron epitelyal ablasyon sonrası rezidü epitelyal kalıntı mekanik olarak uzaklaştırılır⁶⁶.

Epitel bu yöntemlerden biri ile uzaklaştırılıp stromal ablasyon yapılır.

PRK sonrası en önemli komplikasyonlardan biri subepitelyal haze oluşumudur⁵⁸. Bu nedenle özellikle yüksek ablasyon derinliklerinde, 0.02% mitomisin-C (MMC) uygulanması, fibroblast aktivitesini inhibe ederek stromal skar gelişimini önler. MMC uygulaması genellikle 10–20 saniye sürer ve ardından bol BSS ile yıkanır. MMC'nin etkinliği özellikle yüksek miyopi ve uzun epitel iyileşme sürelerine sahip olgularda belirgindir⁵⁴.

Antibiyotik ve streoid damlatılır. Koruyucu kontakt lens takılır.

2.6.3. Komplikasyonlar

Erken dönemde görülen komplikasyonlar arasında epitel iyileşmesinde gecikme, enfeksiyon, steril infiltrat, rekürren epitel erozyonu, desantralize ablasyon, santral adacık oluşumu yer alır.

Geç dönem komplikasyonlar ise regresyon, haze oluşumu, az düzeltme ve aşırı düzeltmedir.

En sık bildirilen komplikasyon korneal haze olmakla birlikte, mitomisin C uygulaması ile bu oran belirgin biçimde azalmaktadır⁵⁴. Haze genellikle postop ilk haftalarda gelişir ve 6-12 hafta içinde azalarak iyileşir. Histolojik olarak yara iyileşmesi sırasında ön stromada anormal glikozaminoglikanların veya kollajenlerin birikmesi sonucu olduğu çalışmalarda gösterilmiştir. Yüksek miyop hastaların tedavisinde ve ablasyon zonu küçük olduğunda daha sık görülür. Tedavide ilk aşamada steroidler kullanılır, cevap alınamazsa süperfisyal keratektomi veya PTK yapılabilir^{67,68}. Postkeratoplasti uygulandığında ortaya çıkabilecek greft reddi, enfeksiyon veya endotel hücre kaybı gibi ciddi komplikasyonlara güncel serilerde rastlanmamıştır⁷.

İlk kez 1992’de M. Campos ve ark. tarafından yayınlanan çalışmada nakil sonrasında astigmatizma gelişen 12 hastaya PRK uygulanmış ve astigmatizma, düzeltilmemiş ve düzeltilmiş görme keskinliklerinde artış görülmüş⁶⁹.

Daha sonra nakil sonrası astigmatizma yönetiminde PRK uygulanmasının güvenli ve etkili olduğunu bildiren pek çok çalışma yayınlanmıştır^{6,51,53,55,62,70}.

Klasik PRK ile özellikle keratoplasti sonrası oluşan yüksek sıralı aberasyon ve düzensiz astigmatizma düzeltilmesi sınırlı kalabilmektedir. Topografi rehberli PRK'nin klasik PRK'ye göre yüksek dereceli aberasyonları daha etkili biçimde azalttığını bildiren çalışmalar mevcuttur.⁶² Ayrıca bazı hastalarda greft- alıcı yatak bileşkesindeki ileri düzeyde incelmeye nedeniyle PRK uygulanamamaktadır.

Bu çalışma, nakil sonrası astigmat nedeniyle görsel rehabilitasyonu gözlük veya kontakt lens ile sağlanamayan hastalarda PRK uygunluğunu değerlendirip, uygun olmayan hastalarda olası risk faktörlerini araştırmak ve PRK uygulanan hastaların sonuçlarını analiz etmek amacıyla tasarlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta Seçimi ve Veriler

Bu retrospektif kesitsel çalışmada, 2012–2022 yılları arasında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda keratokonus tanısı ile keratoplasti uygulanmış olan postoperatif dönemde yüksek astigmatizması olan 85 hastanın 85 gözü değerlendirildi. Dahil etme ve dışlama kriterlerine göre toplamda 40 hastanın 40 gözü çalışmaya dahil edilmiş olup gözlük veya kontakt lens ile görsel rehabilitasyonu sağlanamayan, topografi yardımcı PRK uygulanmış olan 20 hastanın 20 gözü ve ektazi gelişmiş olan, PRK uygun olmayan 20 hastanın 20 gözü karşılaştırıldı. PRK uygulananlar lazer grubu, ektazi gelişmiş olanlar ise ektazi grubu olarak isimlendirildi. Çalışma, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun onayı alınarak yürütülmüştür (Etik kurul no: E-77082166-302.08.01-1383064 / tarih: 13.11.2025). Tüm olguların ameliyat öncesi ve sonrası klinik verileri arşiv kayıtlarından ve dijital hasta dosyalarından elde edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 18 ile 70 yaş arasında olan,
- Keratokonus tanısıyla DALK veya PK uygulanmış olan,
- Nakil sonrası en az 3 yıllık izlem süresine sahip olan ve en az 3 yıl geçmiş olan,

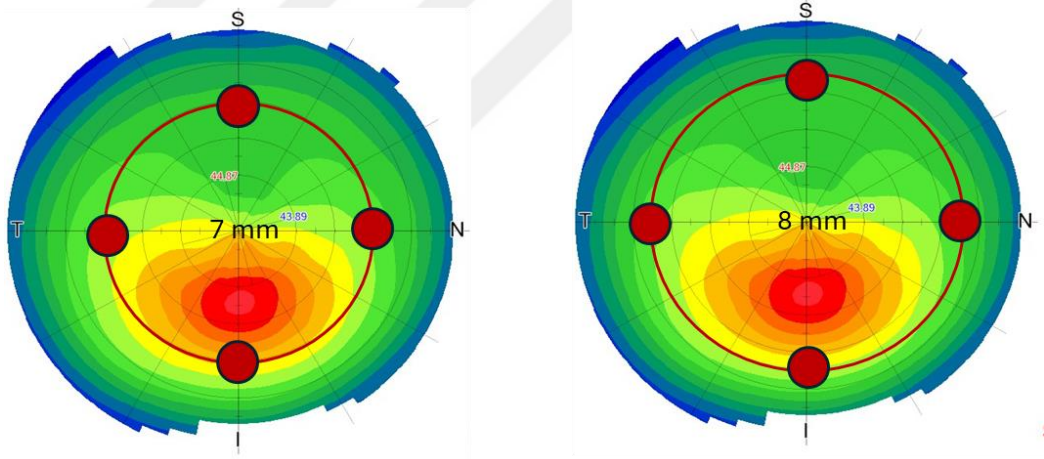
- Nakil sonrası tüm sütürleri alındıktan sonra en az 1 yıl geçmiş olan,
- Takiplerde irregüler keratometrik astigmatizması $\geq 3,00$ D olan,
- Kontakt lens veya g zl g  tolere edemeyen,
- Kayıtlarında eksiksiz preoperatif ve postoperatif görme, refraksiyon ve topografik verileri bulunan,
- PRK uygulanan hastalarda;
- İrregüler astigmatı son 6 aydır stabil seyreden,
- Lazer sonrası en az 1 yıllık izlem süresine sahip olan hastalar çalışmaya dahil edildi.

Dışlanma kriterleri:

- Üveit  yk s , retina patolojisi olan
- Endotel yetmezliği veya greft reddi öyküsü olan,
- Sistemik bağ dokusu hastalığı olan,
- PRK sonrası 1 yıldan kısa takip süresi olan hastalar çalışma dışında bırakıldı.

Olguların arşivdeki eski dosyaları incelenerek yaş, cinsiyet, keratoplasti tipi (PPK/DALK), alıcı yatak ve donör greft çapı, nakil yapılmış olan göze KB  yk s , nakil öncesi ve nakil sonrası 1.yıl, 2.yıl ve final vizitlerindeki en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) (logMAR), nakil öncesinde 7 ve 8 mm zonlardaki nazal, temporal, süperior ve inferiordaki korneal kalınlıkları, nazal-temporal, inferior-süperior farkı ve oranı, kornea kalınlığının 500 mikrona ulaştığı en uzak yerin santrale uzaklığı, PRK yapılan hastalarda nakil ile PRK arasında

geçen süre, PRK öncesi ve PRK sonrası 1.ay, 3.ay, 12.ay ve final düzeltilmemiş görme keskinliği (DGK) (logMAR), EİDGK (logMAR), refraksiyonun sferik ve silindirik değerleri, sferik eşdeğer (SE), keratometrik değerler (K1, K2, Kmax, Kort), 6 mm zonda nazal, temporal, süperior ve inferiordaki epitel kalınlıkları, topografik keratometrik astigmat, santral kornea kalınlığı (SKK), en ince kornea kalınlığı (EİKK), korneal aberasyon parametreleri (yüksek sıralı, koma ve sferik aberasyonlar) ve korneal haze seviyesi kaydedilmiştir. 6-7-8 mm zonların kılavuz daireleri kullanılarak ölçümler manuel olarak yapılmıştır.



Şekil 6. Ektazi Risk Analizi (Nakil Öncesi Periferik Pakimetrik Değerler)

Nakil öncesi ve sonrası korneal topografi ve tomografi ölçümlerinde Scheimpflug plusido topografi cihazı (Sirius, CSO, Floransa, İtalya) kullanılmış olup; PRK öncesi ve sonrası tüm korneal topografi ve tomografi ölçümlerinde ise MS-39 kornea tomografisi (CSO, Floransa, İtalya) cihazı kullanılmıştır.

3.2. Cerrahi Endikasyon ve Teknik

Çalışmaya dahil edilen tüm hastalarda Amsler-Krumeich skorlamasına göre evre 3 veya 4 olan, gözlük veya sert kontakt lens ile görsel rehabilitasyon sağlanamayan veya sert kontakt lensi tolere edemeyen hastalara keratoplasti uygulanmıştır. Hastada endotel-desme kompleksi intakt olan hastalara DALK uygulanmıştır. Eğer endotel-desme kompleksi intakt değilse, DALK cerrahisinde stromal diseksiyon yapılamadı veya desme perforasyonu geliştirse PK uygulanmıştır.

Topografi yardımcı PRK ise keratoplasti sonrası en az 3 yıl geçmiş, tüm sütürleri alınmış, görsel rehabilitasyonu sınırlayan yüksek ve düzensiz astigmatizma varlığında gözlük veya sert kontakt lens ile görsel rehabilitasyon sağlanamayan veya sert kontakt lensi tolere edemeyen hastalara yapılmıştır. PRK öncesi hastaların refraktif stabilitesi, greft saydamlığı ve endotel bütünlüğü muayene ve MS-39 kornea tomografisi ile doğrulanmıştır.

Nakil veya PRK uygulanan tüm hastalardan, preoperatif bilgilendirilmiş onam formları alınıp saklandı. Donör kornealar Gazi Üniversitesi Göz Bankası'ndan temin edildi. Bütün donör kornealar donörün ölümünden ortalama 2 saat sonra aseptik şartlarda çıkarıldı ve temin edilen greftler en geç 7 gün içerisinde kullanıldı, kullanılmadıysa resmiyete uygun olarak imha edildi. Greftler Optisol GS solüsyonu içerisinde ve +4 °C'de saklandı.

Göz kapakları ve cilt %10'luk betadin ile temizlenip cerrahi saha steril olarak hazırlandıktan sonra steril örtü örtüldü ve blefarosta yerleştirildi. Bütün göz

yüzeyinde %5'lik betadin 3 dakika bekletildi. Betadin, BSS ile yıkanarak uzaklaştırıldı. Cerrahi kalem ile kornea merkezi pupil aralığı baz alınarak işaretlendi.

DALK teknik

Donör kornea bütün vakalarda ameliyat öncesi planlanan çapta Hessburg-Barron (Jedmed Instrument Co., Katena Products Inc.) punch ile kesilip tripan mavisi ile endotel tarafı boyandı. Donörün desme-endotel kompleksi kapsül penseti veya üçgen sünger kullanılarak soyuldu ve stromal flep hazır hale getirildi.

Operasyonda önce alıcı yatak hazırlandı. Apikal skar olmayan veya skarın yüzeysel olduğu vakalarda 'big bubble' tekniği kullanıldı. Skar derin yerleşimli ise veya 'big bubble' başarısız olduğunda manuel diseksiyon yapıldı. 'Big bubble' tekniğinde alıcı yatak ameliyat öncesi planlanan çapta Hessburg-Barron vakum trepanı (Jedmed Instrument Co., Katena Products Inc.) ile korneanın yüzde 75'i kalınlığına kadar trepanize edilip kornea merkezine ulaşan intrastromal yolak Fogla point Disektör (Storz® Ophthalmic Instruments, USA) ile oluşturuldu. Açılan yolaktan Fogla 27 G hava enjeksiyon kanülü (Storz® Ophthalmic Instruments, USA) veya kesik ucu aşağı bakan 27 Gauge (G) enjektör ile girildi. Kornea merkezine ulaştırılan kanül ucu veya enjektör ile stroma içerisine hava verilip desme-endotel kompleksini stromadan ayıran hava kabarcığı oluşturuldu. GİB düşürülmesi için 20 G mikro-vitreoretinal (MVR) bıçak ile ön kamaraya girilip parasentez yapıldı. Ardından desme-endotel kompleksinin stabilizasyonu için hava kabarcığı ile desme ile stroma arasında oluşturulan boşluğa %1,4

sodyum hyalüronat içeriğine sahip koheziv viskoelastik verildi. Üstteki stromal kısım kornea makası ile eksize edildi. Cerrahi alanda kalan viskoelastik bol BSS ile yıkanarak temizlendi.

Manuel diseksiyon uygulanması gereken vakalarda korneanın yüzde 75'i kalınlıktaki stroma kresent ile çıkarıldı. Geriye kalan stromada 20 G MVR bıçak ile diseksiyonda rehber olması için stromal kenar oluşturuldu. Buradan Fogla künt mikrocerrahi makası (Storz® Ophthalmic Instruments, USA) ile 360 derece spiral şeklinde dönerek rezidü stroma çıplak descement membranına ulaşana kadar soyuldu. Ardından hangi yöntem kullanıldığı farketmeksizin daha sonra hazırlanmış olan donör greft stroması 8 tane tek 16 tane devamlı 10-0 naylon suture ile suture edildi. Keratoskop yardımıyla keratometrik astigmatizma minimize edilerek sutürler düğümleri dışarıda kalmayacak şekilde gömülüp subkonjonktival sefuroksim verilerek operasyon sonlandırıldı.

PK teknik

Donör kornea bütün hastalarda ameliyat öncesi kararlaştırılan boyutta Hessburg-Barron (Jedmed Instrument Co., Katena Products Inc.) punch ile kesilip hazırlandı.

Alıcı yatakta ameliyat öncesi kararlaştırılan boyutta Hessburg-Barron vakum trepanı (Jedmed Instrument Co., Katena Products Inc.) ile aköz sızıntısı izlenene kadar trepanize edildi. Kesinin tam kat olmadığı alanlar korneal makas ile trepan sınırına uygun kurvatürde kesilip alıcı yatak hazırlandı. Ön kamara koheziv %1,4 viskoelastik ile dolduruldu. Donör greft, alıcı yatağa 16 adet tek

sütür ile 10-0 naylon sütür kullanılarak dikildi. Sütürasyonun yarısında ön kamaradaki koheziv viskoelastik aspirasyon ile temizlendi. Keratoskop yardımıyla keratometrik astigmatizma minimize edilerek sütürler düğümleri dışarıda kalmayacak şekilde gömülüp subkonjonktival sefuroksim verilerek operasyon sonlandırıldı.

Topografi Rehberli PRK Teknik

Cerrahi mikroskop altında topikal anestezi altında (%0,5 proparakain hidroklorid) uygulandı. Göz kapakları ve cilt %10'luk betadin ile temizlenip cerrahi saha steril olarak hazırlandıktan sonra steril örtü örtüldü ve blefarosta yerleştirildi. Bütün göz yüzeyinde %5'lik betadin 3 dakika bekletildi. Betadin, BSS ile yıkanarak uzaklaştırıldı. Göz steril olarak hazırlandıktan sonra blefarosta yerleştirildi.

Tüm işlemlerde NAVEX Quest M2 (NIDEK) excimer lazer sistemi kullanılmıştır. Epitel uzaklaştırmak için transepitelyal yöntem tercih edilmiş olup tüm hastalarda standart 50 µm tercih edilmeyip MS-39 kornea tomografisi (CSO, Floransa, İtalya) cihazının epitel haritasını göstermesinden yararlanarak epitel kalınlığı ve düzeni ve hastanın refraksiyon miktarı dikkate alınarak her hastaya özelleştirilmiş PTK ve PRK derinliği ve optik zon seçilmiştir. Cihazın kırmızı ışığı pupil merkezine getirilerek santralizasyon sağlanıp ablasyona başlandı ve fiksasyon takibi yapıldı. Fiksasyon kaybı olduğunda cihaz tarafından ablasyon durdurulup tekrar fiksasyon sağlandığında ablasyona devam edildi. Ablasyon tamamlandığında bol BSS ile göz yüzeyi yıkandı.

Tüm hastalarda postoperatif haze riskini düşürmek için amacıyla 0.2mg/ml'lik MMC emdirilmiş üçgen sünger ablasyon bölgesinde yüzeye yerleştirildi. Diyoptri başına 8-10 saniye olacak şekilde her hastanın refraksiyon uygun olarak bekletildi. Ardından bol BSS ile göz yüzeyi temizlendi. Antibiyotikli damla (moksifloksasin) damlatılıp koruyucu kontakt lens (Night & DayTM, Alcon) takıldı. Hastalara ameliyat sonrası dönemde topikal loteprednol, topikal moksifloksasin ve prezervan içermeyen lubrikan ajanlar reçete edilmiştir. Epitel kapanana kadar günde 4 kez topikal moksifloksasin kullanılırken, topikal loteprednol damla günde 4 kez olarak başlandı ve ameliyat sonrası 2 ay kadar azaltılarak kullanılmaya devam edilmiştir.

3.3.İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS (IBM SPSS Statistics 31) adlı paket program kullanılarak yapılmıştır. Bulguların yorumlanmasında frekans tabloları ve tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır.

Normal dağılıma uygun ölçüm değerleri için parametrik yöntemler kullanılmıştır. Parametrik yöntemlere uygun şekilde, iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) yöntemi kullanılmıştır.

Normal dağılıma uygun olmayan ölçüm değerleri için parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik olmayan yöntemlere uygun şekilde, iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test

(Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) yöntemi kullanılmıştır.

İki nitel değişkenin birbiriyle ilişkilerinin incelenmesinde “Pearson- χ^2 ” çapraz tabloları kullanılmıştır.

Ektazi gelişme durumunu etkileyen faktörlerin belirlenmesinde “Binary lojistik regresyon: Backward LR modeli” ve çok değişkenli regresyon analizi kullanılmıştır.

Ektazi gelişme durumunu ayırt eden bazı kalınlık değerlerinin cut-off değerleri için ROC analizi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Genel Sonuçlar

Toplamda 85 hastanın verileri incelendi. Çalışmaya nakil sonrasında irregüler keratometrik astigmatizması $\geq 3,00$ D olan 25'i DALK, 15'i PPK geçirmiş olan toplamda 40 hastanın 40 gözü dahil edildi. Bu hastalardan kontakt lensi veya gözlüğü tolere edemeyen 20 olgu lazere uygun bulunup topografi rehberliğinde PRK uygulanmıştı, diğer 20 hasta ise ektazi görülmesi nedeniyle lazere uygun bulunmayanlar idi. Hastalar lazer grubu ve ektazi (lazer uygun olmayan) grubu olmak üzere iki gruba ayrıldı. PRK uygulanan hastaların 14'ü (%56) DALK, 6'sı (%40) PK geçirmişti. **(Tablo 3)** Lazere uygunluk açısından PK ve DALK grubunda istatistiksel anlamlı fark izlenmedi. ($P=0,327$)

Tablo 3. Lazer Uygulanan Hastaların Sayısı ve Oranları

	Toplam	DALK	PK	
Lazer uygulananlar	(n=40)	(n=25)	(n=15)	
	N (%)	N (%)	N (%)	
Evet	20 (50,0%)	14 (56,0%)	6 (40,0%)	*p=0,327

DALK: derin anterior lameller keratoplasti, PK: penetran keratoplasti, *Pearson's Ki-kare Testi p değeri (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Lazere Uygunluk Durumuna Göre Preoperatif Bulguların Karşılaştırılması

Lazer ve ektazi grubu ve subgrupları yaş, cinsiyet ve uygulanan göz olarak benzerdi. ($p>0,05$) Ayrıca iki grup arasında ve subgrup analizinde nakil öncesi ve nakil sonrası 1.yıl, 2.yıl ve final EIDGK değerleri açısından anlamlı fark izlenmedi. ($p>0,05$) **(Tablo 6 ve 7)**

Ektazi gelişme durumu ile KÇB öyküsü arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki tespit edildi. ($\chi^2=7,025$; $p=0,008$) Ektazi gelişmeyen 8 kişinin (%40,0) KÇB öyküsü olduğu, ektazi gelişmiş olan 19 kişinin (%95,0) KÇB öyküsü olmadığı belirlendi. Subgrup analizinde de benzer olarak ektazili hastalarda KÇB öyküsünün daha az olduğu görüldü; bu fark DALK grubunda ($p=0,013$) anlamlı iken PPK grubunda ($p=0,292$) anlamlı değildi. KÇB öyküsü olmayanların ağırlıklı olarak ektazi gelişmiş olduğu, KÇB öyküsü olanların ise ağırlıklı olarak ektazi gelişmemiş ve lazere uygun olduğu belirlenmiştir. **(Tablo 4 ve 5)**

Tablo 4. Lazer ve Ektazi Gruplarının Demografik Verileri ve Preoperatif Bulgular Açısından Karşılaştırılması

	Lazer (n=20) N (%)	Ektazi (n=20) N (%)	İstatistiksel analiz* Olasılık
Yaş (yıl)	42,95±10,63	39,60±14,75	*p=0,415
Cinsiyet			**p=0,744
Erkek	13 (65,0%)	12 (60,0%)	
Kadın	7 (35,0%)	8 (40,0%)	
Uygulanan göz			**p=0,723
Sağ	15 (75,0%)	14 (70,0%)	
Sol	5 (25,0%)	6 (30,0%)	
KÇB öyküsü			**p=0,008
Yok	12 (60,0%)	19 (95,0%)	
Var	8 (40,0%)	1 (5,0%)	

KÇB: Korneal çapraz bağlama *independent sample t-testi **Pearson's Ki-kare Testi p değeri (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Tablo 5. Subgrupların Demografik Veriler ve Preoperatif Bulgular Açısından Karşılaştırılması

	DALK			PK		
Lazere uygunluk	Lazer (n=14) N (%)	Ektazi (n=11) N (%)	p	Lazer (n=6) N (%)	Ektazi (n=9) N (%)	P
Yaş (yıl)	40,43±11,12	37,73±16,74	0,511	48,83±6,99	41,89±12,64	*0,240
Cinsiyet			0,973			**0,667
Erkek	9 (64,3%)	7 (63,6%)		4 (66,7%)	5 (55,6%)	
Kadın	5 (35,7%)	4 (36,4%)		2 (33,3%)	4 (44,4%)	
Nakil göz			0,622			**0,398
Sağ	9 (64,3%)	6 (63,6%)		6 (100%)	8 (88,9%)	
Sol	5 (35,7%)	5 (36,4%)		0 (0,0%)	1 (11,1%)	
KÇB öyküsü			0,013			**0,292
Yok	8 (57,1%)	11 (100,0%)		4 (66,7%)	8 (88,9%)	
Var	6 (42,9%)	0 (0,0%)		2 (33,3%)	1 (11,1%)	

KÇB: preoperatif korneal çapraz bağlama öyküsünün varlığı, AS: apikal skar, A-K evre: preoperatif Amsler-Krumeich evresi, *independent sample t-testi **Pearson's Ki-kare Testi p değeri (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Tablo 6. Lazer ve Ektazi Gruplarının Nakil Öncesi ve Sonrası EIDGK Açısından Karşılaştırılması

	Lazer (n=20) $\bar{X} \pm S. S.$	Ektazi (n=20) $\bar{X} \pm S. S.$	p
Nakil öncesi EIDGK logMAR	1,64±0,22	1,52±0,24	*0,451
1.yıl EIDGK logMAR	0,39±0,18	0,54±0,22	*0,215
2.yıl EIDGK logMAR	0,33±0,15	0,52±0,31	*0,121
Final EIDGK logMAR	0,29±0,23	0,48±0,26	*0,152

EIDGK: en iyi düzeltilmiş görme keskinliği, M±S.D: ortalama değeri, standart deviasyon, *independent sample t-testi (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Tablo 7. Subgrupların Nakil Öncesi ve Sonrası EIDGK Açısından Karşılaştırılması

(logMAR)	DALK		p	PK		p
	Lazer (n=14) M±S.D.	Ektazi (n=11) M±S.D.		Lazer (n=6) M±S.D.	Ektazi (n=9) M±S.D.	
Nakil öncesi EIDGK	1,73±0,25	1,61±0,33	0,519	1,62±0,26	1,49±0,42	*0,487
1.yıl EIDGK	0,34±0,13	0,49±0,23	0,476	0,42±0,19	0,59±0,34	*0,354
2.yıl EIDGK	0,31±0,17	0,42±0,26	0,461	0,36±0,15	0,55±0,28	*0,367
Final EIDGK	0,27±0,19	0,41±0,27	0,484	0,34±0,19	0,52±0,34	*0,378

EIDGK: en iyi düzeltilmiş görme keskinliği, M±S.D: ortalama değeri, standart deviasyon, *independent sample t-testi (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Ektazi grubunda greft-host bileşkesinde bombeleşme, şekil bozukluğu, korneal incelme bulguları olduğu görüldü ve bu bulguların KK nüksü/ektazi nedeniyle geliştiği düşünüldü. Ektazi genellikle bir çeyrek kadranı (3 saat kadranı) kapsıyordu ve bir hasta haricinde tüm hastalarda inferior hemisferde izlendi. En sık alt temporal (%45), alt nazal (%30), inferior (%20) kadranda izlendi.

Ektazi gelişme durumu baz alınarak tek değişkenli analizde anlamlı çıkan tüm parametreler kullanılarak yapılan Lojistik regresyon analizi (Backward:LR modeli) sonucunda; optimal model **Tablo 8’de** ve tek değişkenli ve çok değişkenli

lojistik regresyon analizi **Tablo 9’da** verilmiştir. Buna göre, nakil öncesinde KÇB yapılmış olması, nakil sonrasında ektazi gelişmesinin engellenmesinde önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. ($p<0,05$) Nakil öncesinde KÇB yapılmayanlarda ektazi gelişme riski, KÇB yapılanlara göre tek değişkenli analizde 12,667 kat, çok değişkenli lojistik regresyon analizinde ise 19 kat daha fazladır. (OR=12,667)

Tablo 8. Ektazi Gelişme Durumu Baz Alınarak Kurulan Lojistik Regresyon Modeli

Değişken	B	S.H.	Wald	sd	p	OR	95% Güven Aralığı (OR)	
							Alt	Üst
KÇB öyküsü*	2,539	1,123	5,112	1	0,024	12,667	1,402	41,419
Sabit	-2,079	1,061	3,844	1	0,049	0,125		

*Referans kategori: Var

Tablo 9. Ektazi Gelişme Durumu Baz Alınarak Kurulan Tek Değişkenli ve Çok Değişkenli Lojistik Regresyon Modeli

Değişken	Multivariate					Univariate				
	B	p	OR	95% Güven Aralığı (OR)		B	p	OR	95% Güven Aralığı (OR)	
				Alt	Üst				Alt	Üst
Yaş (yıl)	-0,061	0,085	0,941	0,878	1,008	-0,021	0,405	0,979	0,931	1,029
Donör punch (mm)	-2,781	0,591	0,062	0,001	92,761	-3,928	0,033	0,020	0,001	0,725
Alıcı yatak trepan CXL	-2,314	0,582	0,099	0,001	14,002	-3,326	0,025	0,036	0,002	0,665
Operasyon turu	2,946	0,025	19,024	1,439	51,493	2,539	0,024	12,667	1,402	41,419
Sabit	0,495	0,569	1,642	0,299	9,011	0,647	0,330	1,909	0,520	7,007
	38,635	0,045	0,004							

*Referans kategori: Var

Ektazili hastalarda diğer keratometrik değerler kurvatür değişikliğine bağlı nakil öncesi ve sonrasında birbirinden bağımsız görülmesine karşın periferik korneal kalınlığın benzer kalması ve nüksün periferik incelme ve bombeleşme ile seyretmesi nedeniyle risk faktörü olarak periferik pakimetrik veriler incelenmiştir.

Ektazi gelişme durumuna göre, nakil öncesinde 7 ve 8 mm zonlarda nazal (N) ile temporal (T) ve superior (S) ile inferior (I) korneal kalınlık değerlerinin fark ve oranlarına bakıldığında N-T 7 mm, I-S 7 mm, I/S 7 mm, N/T 7 mm, N/T 8 mm, N-T 8 mm değerlerinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur. ($p>0,05$) Ektazi gelişme durumu belirtilen özellikler açısından benzer olduğu belirlenmiştir. I-S 8 mm ve I/S 8 mm değerlerinin ise ektazi grubunda lazer uygun grubuna göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. ($p<0,05$)

Ektazi gelişme durumuna göre preoperatif korneal kalınlık parametreleri karşılaştırıldığında hem tüm grupta hem de PK ve DALK grubu kendi içinde değerlendirildiğinde ektazi gelişen hastaların 7 ve 8 mm zonlarında nazal, temporal, superior ve inferior korneal kalınlık değerlerinin lazer (ektazi gelişmeyen) grubuna göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. (tüm grup ve subgroup analizinde $p<0,001$) Bunlara ek olarak, ektazi gelişenlerin korneal kalınlığının 500 μm a ulaştığı santralden en uzak mesafe değerinin, ektazi gelişmeyenlere göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. (tüm grup ve subgroup analizinde $p<0,001$) **(Tablo 10 ve 11)**

Tablo 10. Hastaların Ektazi Gelişme Durumuna Göre Preoperatif Korneal Topografik Pakimetrik Değerlerinin, Fark ve Oranlarının Karşılaştırılması

Değişken (μm)	Lazer (n=20)		Ektazi (n=20)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	
Nazal Korneal Kalınlık (7mm)	623,50±26,75	626,0 [29,3]	480,90±44,16	490,0 [80,8]	t=12,350 p<0,001
Superior Korneal Kalınlık (7mm)	623,60±28,04	620,0 [35,5]	524,90±51,49	530,0 [100,5]	t=7,528 p<0,001
Temporal Korneal Kalınlık (7mm)	598,85±30,21	605,5 [37,0]	469,85±59,50	460,0 [95,8]	t=8,645 p<0,001
İnferior Korneal Kalınlık (7mm)	616,65±35,30	626,0 [63,8]	492,80±43,04	501,5 [86,0]	Z=-5,383 p<0,001
Nazal Korneal Kalınlık (8mm)	656,05±26,32	655,0 [31,5]	524,55±45,23	539,5 [75,3]	Z=-5,383 p<0,001
Superior Korneal Kalınlık (8mm)	657,65±41,42	647,0 [56,5]	565,20±39,28	559,5 [67,0]	t=7,243 p<0,001
Temporal Korneal Kalınlık (8mm)	642,85±32,71	645,5 [28,0]	506,20±50,58	500,5 [63,3]	t=10,146 p<0,001
İnferior Korneal Kalınlık (8mm)	665,95±46,46	653,0 [58,3]	540,50±36,61	532,5 [58,5]	Z=-5,411 p<0,001
Korneal Kalınlığının 500 μm a ulaştığı santralden en uzak mesafe (mm)	2,58±0,36	2,5 [0,6]	4,03±0,40	4,0 [0,5]	t=-11,845 p<0,001
N-T 7 mm korneal kalınlık	24,65±21,15	33,5 [35,0]	11,05±754,22	26,0 [86,5]	t=0,788 p=0,436
I-S 7 mm korneal kalınlık	-7,95±28,90	-6,5 [56,8]	-32,10±46,06	-34,0 [45,0]	t=1,986 p=0,054
I/S 7 mm korneal kalınlık	0,99±0,05	0,99 [0,1]	0,94±0,09	0,94 [0,1]	t=1,974 p=0,056
N/T 7 mm korneal kalınlık	1,04±0,04	1,06 [0,1]	1,03±0,16	1,06 [0,2]	t=0,084 p=0,934
N/T 8 mm korneal kalınlık	1,02±0,04	1,02 [0,1]	1,04±0,12	1,07 [0,1]	t=-0,826 p=0,414
N-T 8 mm korneal kalınlık	13,20±21,91	11,5 [33,0]	18,35±61,16	36,5 [60,0]	Z=-1,638 p=0,101
I-S 8 mm korneal kalınlık	8,30±48,22	22,5 [67,4]	-24,70±39,29	-18,0 [27,5]	Z=-2,530 p=0,011
I/S 8 mm korneal kalınlık	1,01±0,07	1,04 [0,1]	0,96±0,06	0,97 [0,1]	Z=-2,597 p=0,009

N: nazal, T: temporal, S: superior, I: inferior. *Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Tablo 11. Subgrupların Ektazi Gelişme Durumuna Göre Preoperatif Korneal Topografik Pakimetrik Değerlerinin, Fark ve Oranlarının Karşılaştırılması

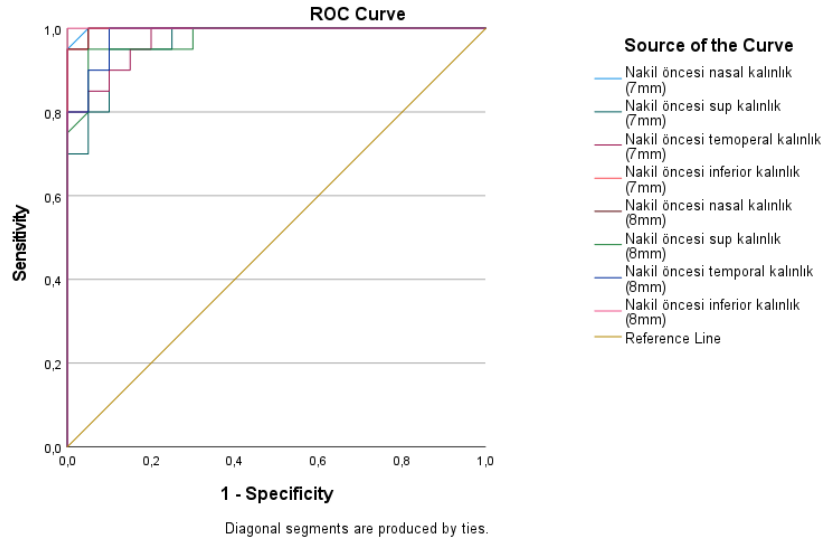
Değişken	DALK (n=25)		p	PPK (n=15)		p
	Lazer (n=14)	Ektazi (n=11)		Lazer (n=6)	Ektazi (n=9)	
	$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$		$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$	
Nazal Korneal Kalınlık (7mm)	622,50±31,57	487,45±43,40	p<0,001	625,83±10,87	472,89±46,32	p<0,001
Superior Korneal Kalınlık (7mm)	625,71±31,01	530,91±53,13	p<0,001	618,67±21,08	517,56±51,55	p<0,001
Temporal Korneal Kalınlık (7mm)	596,35±34,80	478,63±60,98	p<0,001	604,67±16,17	459,11±59,37	p<0,001
İnferior Korneal Kalınlık (7mm)	616,71±38,80	511,63±36,48	p<0,001	613,17±28,45	469,78±40,65	p=0,001
Nazal Korneal Kalınlık (8mm)	656,07±30,10	536,00±43,19	p<0,001	656,00±16,67	510,56±46,09	p<0,001
Superior Korneal Kalınlık (8mm)	660,71±47,01	560,27±43,95	p<0,001	650,50±26,18	571,22±34,26	p<0,001
Temporal Korneal Kalınlık (8mm)	641,28±38,84	506,27±51,57	p<0,001	646,50±10,93	506,11±52,43	p<0,001
İnferior Korneal Kalınlık (8mm)	673,78±52,79	552,09±35,75	p<0,001	646,67±19,57	526,33±34,26	p<0,001
500 µm mesafesi	2,62±0,41	4,04±0,40	p<0,001	2,47±0,22	4,03±0,44	p<0,001

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Bu sonuçlar ışığında nakil sonrasında ektazi (greft-host bileşkesindeki incelmeye veya KK nüksü) gelişen hastaların nakil öncesinde öngörülebilmesi

amacıyla; oran veya fark yerine nakil öncesinde hastaların 7 ve 8 mm zonlardaki korneal kalınlık değerleri ve korneal kalınlığın 500 μm a ulaştığı santralden en uzak mesafe değerleri incelenerek cut-off değerleri oluşturulması amaçlandı.

Tablo 12'de verilen nakil sonrası nüks görölme/ektazi gelişme durumunu ayırt etmede kullanılacak olan optimal nakil öncesi; 7 mm'deki nazal korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %100,0 sensivite ve %95,0 spesifite ile $\leq 550,5 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,999; $p<0,001$); 7 mm'deki superior korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %95,0 sensivite ve %90,0 spesifite ile $\leq 586,5 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,968; $p<0,001$); 7 mm'deki temporal korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %100,0 sensivite ve %80,0 spesifite ile $\leq 537,5 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,975; $p<0,001$); 7 mm'deki inferior korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %100,0 sensivite ve %95,0 spesifite ile $\leq 548,0 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,998; $p<0,001$); 8 mm'deki nazal korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %100,0 sensivite ve %95,0 spesifite ile $\leq 581,0 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,998; $p<0,001$); 8 mm'deki superior korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %95,0 sensivite ve %95,0 spesifite ile $\leq 619,0 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,876; $p<0,001$); 8 mm'deki temporal korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %100,0 sensivite ve %90,0 spesifite ile $\leq 579,0 \mu\text{m}$ olarak (AUC=0,985; $p<0,001$); 8 mm'deki inferior korneal kalınlık düzeyi cut-off değeri %100,0 sensivite ve %100,0 spesifite ile $\leq 606,0 \mu\text{m}$ olarak (AUC=1,000; $p<0,001$); korneal kalınlığın 500 μm 'a ulaştığı santralden en uzak mesafe cut-off değeri %95,0 sensivite ve %100,0 spesifite ile $\geq 3,13 \text{ mm}$ olarak tespit edilmiştir. (AUC=0,991; $p<0,001$)



Şekil 7. Tablo 12’deki Cut-off Değerlerinin ROC ile Belirlenmesi

Tablo 12. Hastaların Ektazi Gelişme Durumuna Göre Nakil Öncesi 7 ve 8 mm Zonlardaki Korneal Kalınlıklarının Cut-off Değerleri

Değişken (μm)	Alan	Standart hata	p	AUC %95 G.A.		Cut-off
				Alt	Üst	
Nazal Korneal Kalınlık (7mm)	0,999	0,003	<0,001	0,994	1,000	$\leq 550,5$
Superior Korneal Kalınlık (7mm)	0,968	0,023	<0,001	0,922	1,000	$\leq 586,5$
Temporal Korneal Kalınlık (7mm)	0,975	0,019	<0,001	0,938	1,000	$\leq 537,5$
İnferior Korneal Kalınlık (7mm)	0,998	0,004	<0,001	0,989	1,000	$\leq 548,0$
Nazal Korneal Kalınlık (8mm)	0,998	0,004	<0,001	0,989	1,000	$\leq 581,0$
Superior Korneal Kalınlık (8mm)	0,876	0,020	<0,001	0,938	1,000	$\leq 619,0$
Temporal Korneal Kalınlık (8mm)	0,985	0,014	<0,001	0,958	1,000	$\leq 579,0$
İnferior Korneal Kalınlık (8mm)	1,000	0,000	<0,001	1,000	1,000	$\leq 606,0$
Korneal Kalınlığın 500 μm a ulaştığı santralden en uzak mesafe (mm)	0,991	0,009	<0,001	0,973	1,000	$\geq 3,13$

AUC: Eğri altındaki alan, G.A. genel doğruluk

Ektazi Gelişme Durumuna Göre Cerrahi İlişkili Faktörlerin Karşılaştırılması

Cerrahi ilişkili faktörler **Tablo 13 ve 14**'te özetlenmiştir. Ektazi olan ve olmayan gruplar karşılaştırıldığında hem tüm grupta hem de PK ve DALK grubu kendi içinde donör greft punch çapı ve alıcı yatak trepan çapının ektazi olanlarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir. (p=0.013, p=0,019)

Tablo 13. Ektazi Olan ve Olmayanların Cerrahi İlişkili Faktörlerinin Karşılaştırılması

	Lazer (n=20) M±S.D.	Ektazi (n=20) M±S.D.	p
Dönör kornea punch çapı (mm)	7,81±0,19	7,66±0,20	* p=0,013
Alıcı yatak vakum trepan çapı (mm)	7,55±0,21	7,35±0,28	* p=0,019

M±S.D: ortalama değeri, standart deviasyon, *independent sample t-testi (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Tablo 14. Subgrup Analizinde Cerrahi İlişkili Faktörlerinin Karşılaştırılması

	DALK		p	PK		p
	Lazer (n=14) M±S.D.	Ektazi (n=11) M±S.D.		Lazer (n=6) M±S.D.	Ektazi (n=9) M±S.D.	
Dönör kornea punch çapı (mm)	7,84±0,18	7,62±0,24	p=0,024	7,75±0,22	7,54±0,13	* p=0,026
Alıcı yatak vakum trepan çapı (mm)	7,58±0,21	7,33±0,32	p=0,032	7,49±0,19	7,21±0,23	* p=0,035

M±S.D: ortalama değeri, standart deviasyon, *independent sample t-testi (<0.05 anlamlı kabul edildi)

***Lazer Yapılan Grupta Ameliyat Türüne (Geçirilmiş Nakil Türü) Göre
Preoperatif Bulguların Karşılaştırılması***

Lazere uygun bulunup Topografi rehberli PRK uygulanan 20 hastadan 14'ü DALK, 6'sı PK grubundaydı. Lazer uygulanan hastalarda geçirilmiş nakil türü ile cinsiyet, uygulanan göz ve KÇB öyküsü arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktu. ($p>0,05$) Operasyon türü, belirtilen özellikler açısından bağımsız ve homojen olduğu belirlenmiştir. **(Tablo 15)**

Tablo 15. Lazer Uygulanan Hastaların Geçirilmiş Nakil Türüne Göre Demografik Verileri ve Preoperatif Bulgular Açısından Karşılaştırılması

Lazer [+]	DALK (n=14)		PK (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	n	%	n	%	
Cinsiyet					
Erkek	9	64,3	4	66,7	$\chi^2=0,010$
Kadın	5	35,7	2	33,3	$p=0,919$
Lateralite					
Sağ	9	64,3	6	100,0	$\chi^2=2,857$
Sol	5	35,7	-	-	$p=0,091$
KÇB öyküsü					
Yok	8	57,1	4	66,7	$\chi^2=0,159$
Var	6	42,9	2	33,3	$p=0,690$

* Pearson's Ki-kare Testi p değeri (<0.05 anlamlı kabul edildi)

Lazer uygulanan hastaların yaş, nakil öncesi pakimetrik değerleri ve bu değerlerin oran ve farkları, nakilde seçilen punch ve trepan çapları **Tablo 16'da** özetlenmiş olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi. ($p>0,05$)

Tablo 16. Lazer Uygulanan Hastaların Yaş, Nakil Öncesi Pakimetric Değerleri ve Bu Değerlerin Oran ve Farkları, Nakilde Seçilen Punch ve Trepan Çapları

Lazer [+]	DALK (n=14)		PK (n=6)		İstatistiksel analiz*
Değişken (µm)	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [IQR]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [IQR]	Olasılık
Yaş (yıl)	40,43±11,12	40,0 [16,0]	48,83±6,99	46,5 [12,0]	t=1-,698 p=0,107
Donör kornea punch çapı (mm)	7,83±0,18	7,8 [0,3]	7,75±0,23	7,8 [0,5]	Z=-0,807 p=0,420
Alıcı yatak trepan çapı (mm)	7,59±0,21	7,5 [0,3]	7,45±0,19	7,5 [0,3]	t=1,312 p=0,206
Nazal Korneal Kalınlık (7mm)	622,50±31,57	629,5 [43,0]	625,83±10,87	623,5 [20,0]	t=-0,249 p=0,806
Superior Korneal Kalınlık (7mm)	625,71±31,02	626,0 [48,8]	618,67±21,08	614,0 [38,5]	t=0,505 p=0,620
Temporal Korneal Kalınlık (7mm)	596,35±34,81	605,0 [68,5]	604,67±16,16	607,0 [27,5]	t=-0,553 p=0,587
İnferior Korneal Kalınlık (7mm)	616,71±38,80	625,0 [69,8]	613,17±28,45	627,0 [55,3]	t=0,201 p=0,843
Nazal Korneal Kalınlık (8mm)	656,07±30,10	655,0 [46,4]	656,00±16,67	653,0 [25,5]	t=0,005 p=0,996
Superior Korneal Kalınlık (8mm)	660,71±47,01	650,5 [76,0]	650,50±265,18	640,5 [53,5]	t=0,495 p=0,626
Temporal Korneal Kalınlık (8mm)	641,28±38,84	647,5 [77,8]	646,50±10,93	642,5 [21,0]	t=-0,319 p=0,754
İnferior Korneal Kalınlık (8mm)	673,78±52,79	659,0 [98,0]	647,67±19,57	648,5 [31,3]	t=1,163 p=0,260
Korneal Kalınlığının 500 µm a ulaştığı santralden en uzak mesafe (mm)	2,62±0,41	2,5 [0,7]	2,47±0,22	2,5 [0,4]	t=0,870 p=0,396
N-T 7 mm korneal kalınlık	26,14±21,48	35,0 [31,8]	21,16±21,90	22,0 [38,8]	t=0,472 p=0,643
I-S 7 mm korneal kalınlık	-9,00±32,69	-6,5 [63,3]	-5,50±19,63	-6,0 [28,8]	t=-0,242 p=0,812
I/S 7 mm korneal kalınlık	0,98±0,05	0,99 [0,1]	0,99±0,03	0,99 [0,1]	t=-0,211 p=0,835
N/T 7 mm korneal kalınlık	1,04±0,04	1,05 [0,1]	1,03±0,04	1,03 [0,1]	t=0,499 p=0,624
N/T 8 mm korneal kalınlık	1,02±0,04	1,02 [0,1]	1,02±0,03	1,01 [0,1]	t=0,543 p=0,594
N-T 8 mm korneal kalınlık	14,78±22,99	16,0 [37,5]	9,50±20,63	3,5 [30,5]	t=0,484 p=0,634
I-S 8 mm korneal kalınlık	13,07±55,29	39,0 [77,3]	-2,83±25,98	-1,5 [42,0]	Z=-1,403 p=0,161
I/S 8 mm korneal kalınlık	1,02±0,08	1,06 [0,1]	0,99±0,04	0,99 [0,1]	Z=-1,402 p=0,161

N: nazal, T: temporal, S: superior, I: inferior. Tablodaki pakimetric veriler kornea nakli öncesi zamana aittir. *Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Lazer uygulanan hastaların preoperatif (lazer öncesi) görsel, refraktif, topografik, tomografik ve aberasyon verileri **Tablo 17’de** özetlenmiş olup iki grubun preoperatif verileri karşılaştırıldığında sferik refraksiyon değeri, sferik eşdeğer ve keratometrik astigmat değerlerinde PK grubu DALK grubuna göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulundu. ($p<0,05$) Diğer preoperatif veriler iki grup arasında benzerdi.



Tablo 17. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif (Lazer Öncesi) Görsel, Refraktif, Topografik, Tomografik ve Aberasyon Verileri

Lazer [+] Değişken	DALK (n=14)		PK (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	
DGK logMAR	0,96±0,35	0,9 [0,6]	1,14±0,44	1,3 [0,8]	t=-0,965 p=0,347
EIDGK logMAR	0,26±0,19	0,3 [0,4]	0,76±0,64	0,6 [1,3]	Z=-1,677 p=0,094
Sferik (D)	-1,81±1,72	-2,6 [2,4]	1,96±2,35	2,3 [3,1]	t=-4,013; p<0,001
Silindirik (D)	-4,28±2,19	-3,3 [3,4]	-4,79±0,84	-4,8 [1,3]	t=0,743; p=0,467
SE (D)	-3,66±2,39	-3,9 [4,4]	-0,13±2,20	0,3 [2,9]	t=-3,096; p=0,006
Keratometrik astigmat	-4,56±2,13	-3,8 [4,0]	-7,05±1,41	-7,1 [2,5]	t=2,602; p=0,018
Kmax	64,30±4,32	64,9 [4,7]	65,20±5,88	65,1 [8,7]	t=-0,383; p=0,706
K1	45,36±3,04	44,0 [3,9]	48,57±4,78	47,4 [8,6]	Z=-1,486; p=0,137
K2	48,46±3,25	47,8 [3,0]	52,01±4,45	50,7 [8,9]	Z=-1,815; p=0,070
Kort	46,96±3,08	46,0 [3,7]	50,01±4,73	48,3 [9,2]	t=-1,729; p=0,101
SKK	582,44±69,61	571,7 [92,2]	561,97±70,23	541,1 [107,3]	t=0,601; p=0,555
EİKK	535,20±55,79	541,5 [61,8]	506,48±36,08	497,4 [69,3]	t=1,152; p=0,264
HOA (6 mm) (µm)	4,62±1,23	0,5 [0,4]	5,26±1,41	0,7 [0,4]	t=-1,559; p=0,137
Sferik aberasyon (6 mm) (µm)	1,82±3,46	1,1 [4,6]	0,93±2,96	0,6 [5,4]	t=0,551; p=0,588
Koma (6 mm) (µm)	3,67±3,10	2,9 [2,9]	3,41±1,49	3,2 [2,8]	Z=-0,412; p=0,680

DGK: Düzeltilmemiş görme keskinliği, EIDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, SE: Sferik eşdeğer, SKK: Santral korneal kalınlık, EİKK: En ince korneal kalınlık, HOA: Yüksek sıralı aberasyon *Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Lazer Yapılan Grupta Postoperatif Bulguların Değerlendirilmesi

Takip süresi ve nakil ile lazer arasında geçen süre karşılaştırıldığında

DALK ve PK grupları arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi. (p=0,124)

Takip süresi sırasıyla 22,57±18,21 ve 38,10±24,21 ay; nakil ile lazer arasında geçen süre ise sırasıyla 77,29±49,40 ve 124,00±57,75 ay idi. (p=0,081) Lazer yapılan tüm grupta takip süresi 30,85±18,60 ay iken nakil ile lazer arasında geçen süre ise 91,30±55,047 ay idi. (**Tablo 18**)

Tablo 18. Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif Bulguların Karşılaştırılması

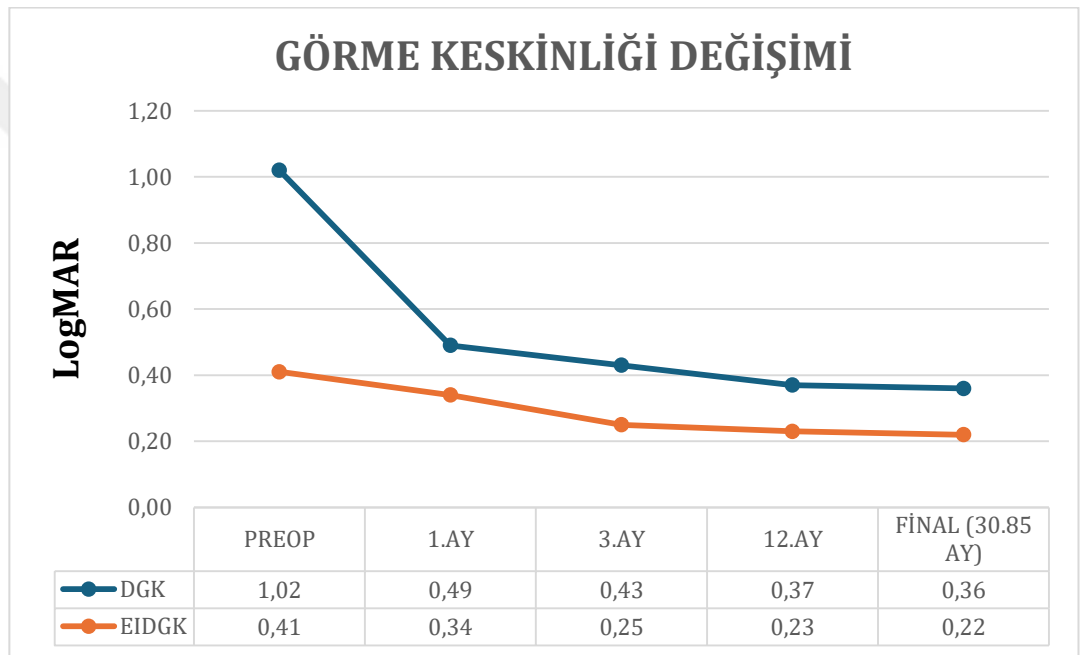
Lazer [+]	DALK (n=14)	PPK (n=6)	İstatistiksel analiz*	Tüm grup
Değişken (ay)	$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$	Olasılık	$\bar{X} \pm S. S.$
Lazer sonrası takip süresi (ay)	22,57±18,21	38,10±24,21	t=-1,633 p=0,124	30,85±18,60
Nakil ile PRK arası geçen süre (ay)	77,29±49,40	124,00±57,75	t=-1,846 p=0,081	91,30±55,047

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Görme Keskinliği Değişimi

Preoperatif ve postoperatif 1. , 3. , 12. aylardaki ve final vizitlerinde düzeltilmemiş görme keskinliği (DGK) ve en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) verileri **Şekil 8 ve Tablo 19**’da gösterilmiştir. Preoperatif DGK 1,02±0,38 logMAR iken 12.ay vizitinde 0,37±0,29 logMAR, final vizitinde (30,85±18,60 ay) ise 0,36±0,29 logMAR olmuştur. Preoperatif EİDGK 0,41±0,43 logMAR iken 12.ay vizitinde 0,23±0,24 logMAR, final vizitinde (30,85±18,60 ay) ise 0,22±0,24 logMAR olmuştur. DGK ortalamalarında lazer sonrası 1. , 3. , 12. aylardaki ve final (30,85±18,60 ay) vizitlerinde lazer öncesi değerlere göre istatistiksel anlamlı düzelme izlendi. (p<0,001) EİDGK ortalamalarında ise postoperatif tüm vizitlerde düzelme görülmekle birlikte bu düzelme 1. ve 3. ayda

istatistiksel olarak anlamlı değilken; 12. ay ve final (30,85±18,60 ay) vizitlerinde lazer öncesine göre istatistiksel anlamlı düzelme izlendi. ($p<0,001$) Subgrup analizinde DALK ve PPK grupları arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. (Tablo 20)



Şekil 8. Hastaların Düzeltilmemiş ve En İyi Düzeltilmiş Görme Keskinliklerinin Zamana Göre Değişimi

Tablo 19. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif ve Postoperatif Görsel ve Refraksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması

Lazer [+]	PRK öncesi (¹)	1.ay (²)	3.ay (³)	12.ay (⁴)	Final (30,85±18,60 ay) (⁵)	İstatistiksel analiz* Olasılık
Değişken	$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$	$\bar{X} \pm S. S.$	
DGK logMAR	1,02 ±0,38	0,49 ±0,35	0,43 ±0,30	0,37 ±0,29	0,36 ±0,29	$\chi^2=59,149$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
EİDGK logMAR	0,41 ±0,43	0,34 ±0,30	0,25 ±0,24	0,23 ±0,24	0,22 ±0,24	$\chi^2=27,149$ p<0,001 [1-4,5]
Silindirik (D)	-4,43 ±1,88	-2,05 ±1,21	-2,03 ±1,23	-1,75 ±1,01	-1,69 ±1,09	$\chi^2=53,865$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
Sferik (D)	-2,35 ±1,13	0,52±1,51	0,63±1,58	0,48±1,36	0,49 ±1,36	$\chi^2=31,061$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
SE (D)	-2,60 ±2,82	-0,50 ±1,57	-0,38 ±1,51	-0,40 ±1,29	-0,35 ±1,30	F=16,420 p<0,001 [1-2,3,4,5]

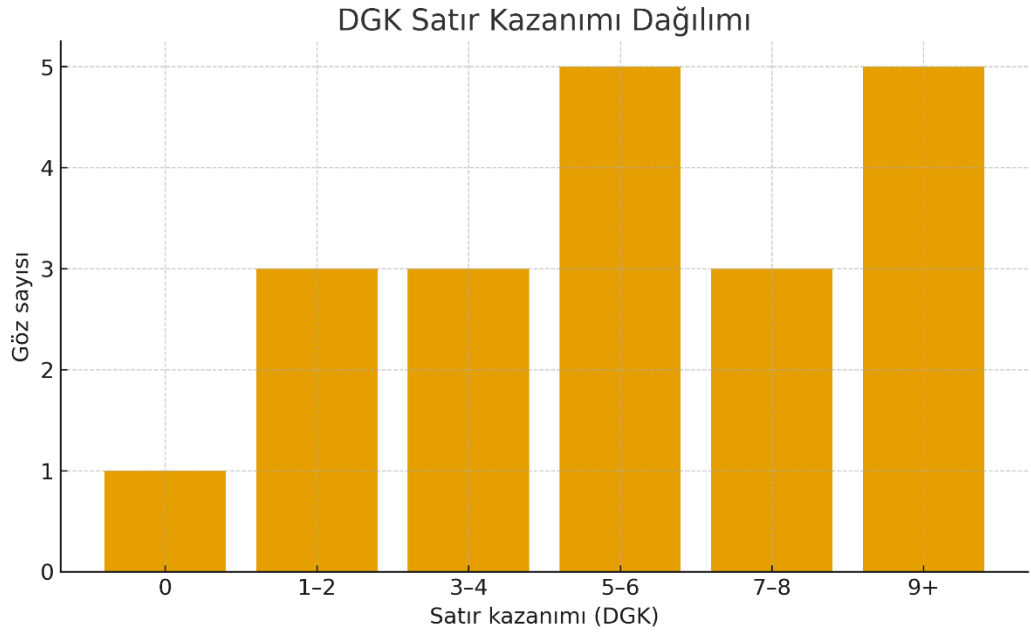
DGK: Düzeltilmemiş görme keskinliği, EİDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, SE: Sferik eşdeğer *Normal dağılıma sahip olan verilerde üç veya daha bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde üç veya daha bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Tablo 20. Subgrup Analizinde Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif 12. ay ve Final Vizitindeki Görsel ve Refraksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması

Lazer [+], Operasyon türü Değişken	DALK (n=14)		PK (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	
DGK logMAR					
12.ay	0,32±0,31	0,3 [0,4]	0,49±0,26	0,4 [0,3]	Z=-1,256 p=0,209
Final	0,32±0,3	0,3 [0,4]	0,47±0,27	0,4 [0,6]	Z=-1,215 p=0,224
EIDGK logMAR					
12.ay	0,18±0,18	0,2 [0,4]	0,34±0,36	0,3 [0,4]	t=-1,312 p=0,206
Final	0,19±0,18	0,1 [0,4]	0,32±0,36	0,2 [0,5]	t=-1,092 p=0,289
Silindirik (D)					
12.ay	-1,62±1,01	-1,4 [1,5]	-2,04±1,01	-1,8 [1,1]	Z=-1,336 p=0,181
Final	-1,53±1,13	-1,4 [1,5]	-2,04±1,01	-1,8 [1,1]	Z=-1,339 p=0,180
Sferik (D)					
12.ay	0,21±1,21	-0,3 [1,0]	1,08±1,62	1,4 [2,3]	Z=-1,703 p=0,089
Final	0,23±1,21	-0,1 [1,0]	1,08±1,61	1,4 [2,3]	Z=-1,702 p=0,089
SE (D)					
12.ay	-0,59±1,07	-0,9 [0,9]	0,06±1,73	0,3 [2,6]	Z=-1,280 p=0,201
Final	-0,53±1,10	-0,8 [0,9]	0,06±1,73	0,3 [2,6]	Z=-1,280 p=0,201

DGK: Düzeltilmemiş görme keskinliği, EIDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, SE: Sferik eşdeğer *Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Şekil 9 ve Şekil 10’da postoperatif ortalama 30,85±18,60 ay olan final vizitinde preoperatif döneme göre DGK ve EİDGK değerlerindeki sıra kayıpları ve kazanımları gösterilmiştir.



Şekil 9. Hastaların DGK’da Sıra Kazanım Grafiği



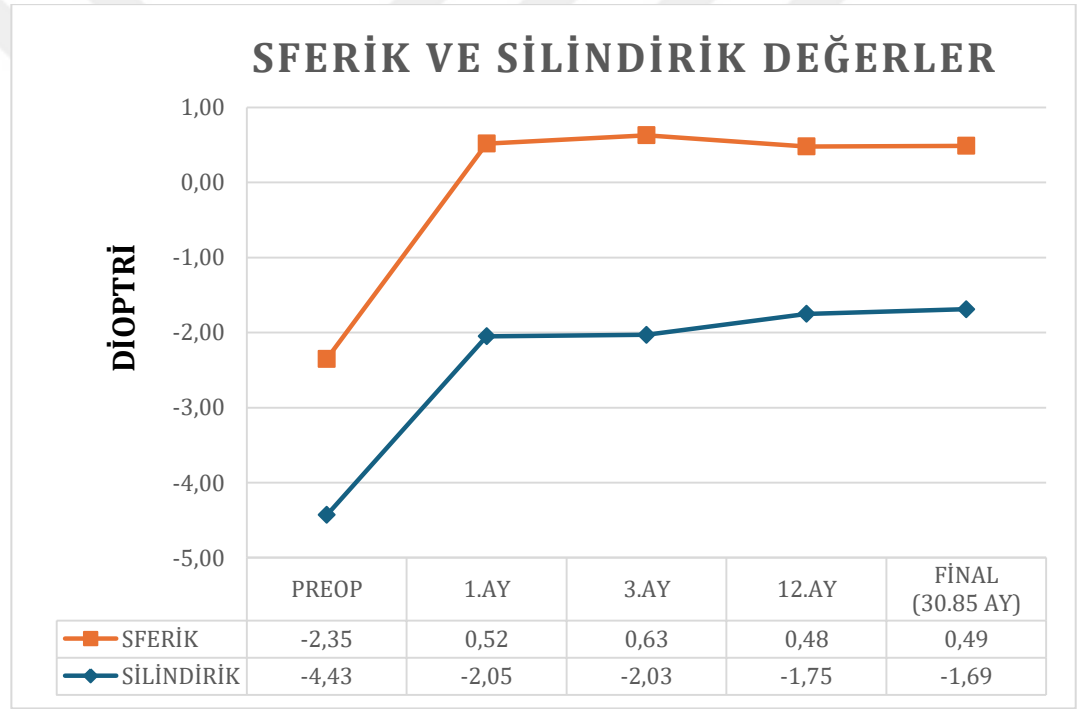
Şekil 10. Hastaların EİDGK’da Sıra Kazanım Grafiği

Hastaların hiçbirinde postoperatif final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) DGK ve EİDGK açısından sıra kaybı izlenmemiştir. Ortalama satır kazanımı DGK açısından $6,47 \pm 3,74$ iken EİDGK açısından $1,89 \pm 3,46$ idi. DGK açısından 1 (%5) gözde sıra kazanımı izlenmezken 16 (%80) gözde 3 sıra ve üzeri kazanım, 13 (%65) gözde 5 sıra ve üzeri kazanım izlendi. Ayrıca preoperatif hiçbir hasta 0,5 (0,3 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahip değil iken; postoperatif final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) hastaların 9'u (%45) 0,5 (0,3 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahipti. ($p < 0,001$) Preoperatif hiçbir hasta 0,8 (0,1 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahip değil iken; postoperatif final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) hastaların 5'i (%20) 0,8 (0,1 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahipti. ($p = 0,026$) EİDGK açısından 9 (%45) gözde sıra kazanımı izlenmezken 11 (%55) gözde 1 sıra ve üzeri kazanım, 5 (%25) gözde 3 sıra ve üzeri kazanım izlendi.

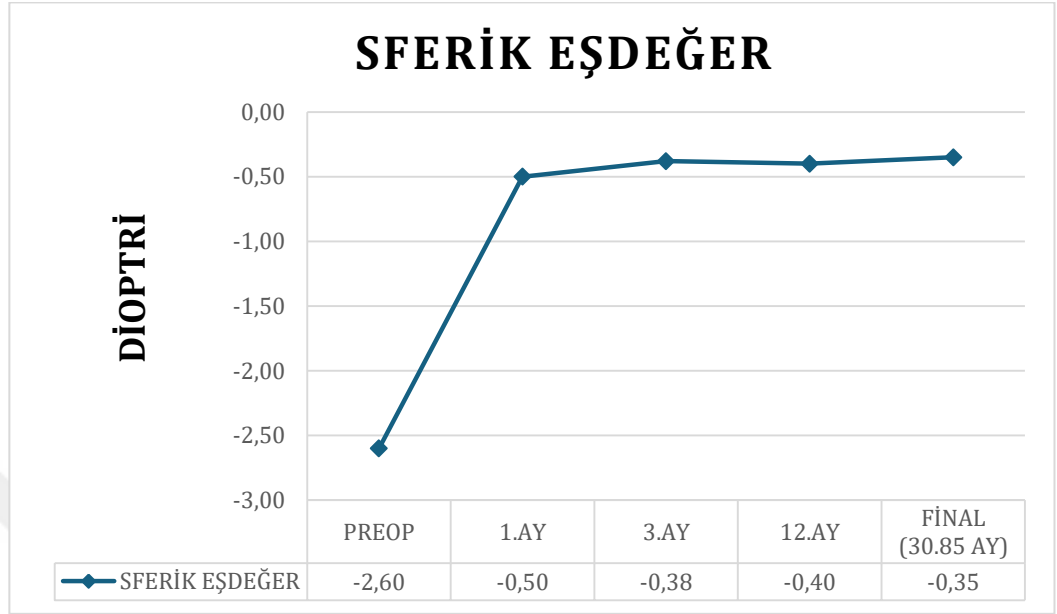
Refraktif Değişim

Lazer uygulanan hastaların preoperatif ve postoperatif 1. , 3. , 12. aylardaki ve final vizitlerindeki manifest refraksiyonları ve sferik eşdeğer verileri **Şekil 11, 12 ve Tablo 19'**da gösterilmiştir. Preoperatif sferik refraksiyonları $-2,35 \pm 1,13$ D iken 12.ay vizitinde $0,48 \pm 1,36$ D, final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $0,49 \pm 1,36$ D olmuştur. Preoperatif silindirik refraksiyonları $-4,43 \pm 1,88$ D iken 12.ay vizitinde $-1,75 \pm 1,01$ D, final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $-1,69 \pm 1,09$ D olmuştur. Preoperatif sferik eşdeğerleri $-2,60 \pm 2,82$ D iken 12.ay vizitinde $-0,40 \pm 1,29$ D, final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $-0,35 \pm 1,30$ D olmuştur.

Hastaların sferik, silindirik refraksiyonları ve sferik eşdeğerlerinde lazer sonrası tüm vizitlerinde (1. , 3. , 12. aylardaki ve final (30,85±18,60 ay) vizitlerinde) lazer öncesi değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı azalma izlendi. ($p<0,001$) Subgrup analizinde DALK ve PPK grupları arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. (Tablo 20)



Şekil 11. Hastaların Sferik ve Silindirik Değerlerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 12. Hastaların Sferik Eşdeğerlerinin Zamana Göre Değişimi

Topografik Değişim

Lazer uygulanan hastaların preoperatif ve postoperatif 1. , 3. , 12. aylardaki ve final vizitlerindeki Kmax, K1, K2, Kort ve keratometrik astigmat değerleri **Şekil 13, 14 ve Tablo 21**'de gösterilmiştir. Preoperatif Kmax değerleri ortalaması $64,57 \pm 4,69$ D iken 12.ay vizitinde $61,57 \pm 5,51$ D, final vizitinde (30,85 $\pm$ 18,60 ay) ise $61,66 \pm 5,64$ D olmuştur. Preoperatif K1 değerleri ortalaması $46,33 \pm 3,82$ D iken 12.ay vizitinde $43,33 \pm 2,77$ D, final vizitinde (30,85 $\pm$ 18,60 ay) ise $43,32 \pm 2,77$ D olmuştur. Preoperatif K2 değerleri ortalaması $49,53 \pm 3,90$ D iken 12.ay vizitinde $45,74 \pm 3,43$ D, final vizitinde (30,85 $\pm$ 18,60 ay) ise $45,78 \pm 3,44$ D olmuştur. Preoperatif Kort değerleri ortalaması $47,87 \pm 3,80$ D iken 12.ay vizitinde $44,49 \pm 2,95$ D, final vizitinde (30,85 $\pm$ 18,60 ay) ise $44,50 \pm 2,95$ D olmuştur. Preoperatif keratometrik astigmat değerleri ortalaması $-5,31 \pm 2,24$ D iken 12.ay

vizitinde $-2,37 \pm 1,55$ D, final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $-2,26 \pm 1,51$ D olmuştur. Hastaların Kmax, K1, K2, Kort ve keratometrik astigmat değerlerinde; lazer sonrası tüm vizitlerinde (1. , 3. , 12. aylardaki ve final ($30,85 \pm 18,60$ ay) vizitlerinde) lazer öncesi değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı azalma izlendi. ($p < 0,001$) Subgrup analizinde DALK ve PPK grupları arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. (Tablo 22)

Tablo 21. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif ve Postoperatif Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması

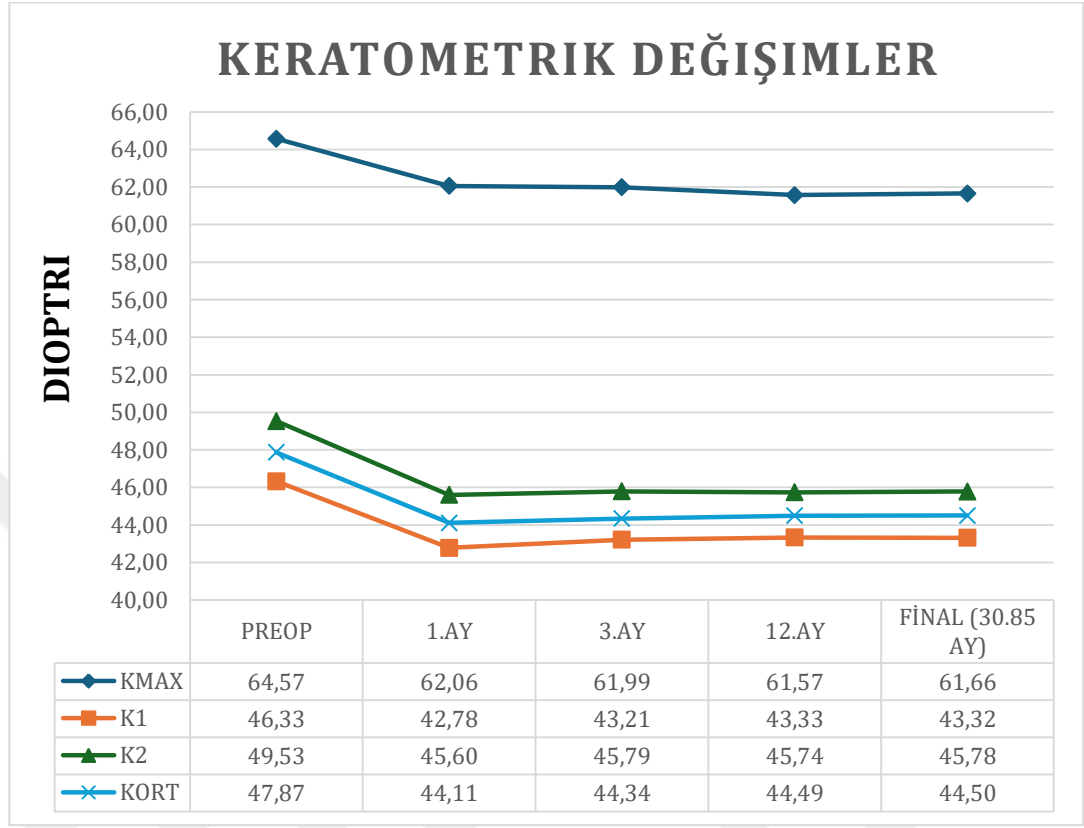
Lazer[+] Değişken	PRK öncesi ⁽¹⁾	1.ay ⁽²⁾	3.ay ⁽³⁾	12.ay ⁽⁴⁾	Final (30,85 ay) ⁽⁵⁾	İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S.S.$	$\bar{X} \pm S.S.$	$\bar{X} \pm S.S.$	$\bar{X} \pm S.S.$	$\bar{X} \pm S.S.$	
Kmax	$64,57 \pm 4,69$	$62,06 \pm 6,57$	$61,99 \pm 5,38$	$61,57 \pm 5,51$	$61,66 \pm 5,64$	$\chi^2=18,099$ p=0,001 [1-2,3,4,5]
K1	$46,33 \pm 3,82$	$42,78 \pm 3,07$	$43,21 \pm 2,95$	$43,33 \pm 2,77$	$43,32 \pm 2,77$	$\chi^2=31,246$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
K2	$49,53 \pm 3,90$	$45,60 \pm 4,03$	$45,79 \pm 3,67$	$45,74 \pm 3,43$	$45,78 \pm 3,44$	$\chi^2=28,251$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
Kort	$47,87 \pm 3,80$	$44,11 \pm 3,27$	$44,34 \pm 3,02$	$44,49 \pm 2,95$	$44,50 \pm 2,95$	$\chi^2=32,000$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
Keratometrik astigmat	$-5,31 \pm 2,24$	$-2,81 \pm 1,69$	$-2,71 \pm 1,42$	$-2,37 \pm 1,55$	$-2,26 \pm 1,51$	F=49,065 p<0,001 [1-2,3,4,5]
EİKK (µm)	$526,59 \pm 51,52$	$447,81 \pm 35,49$	$460,83 \pm 42,73$	$462,96 \pm 40,45$	$463,26 \pm 40,26$	F=65,382 p<0,001 [1-2,3,4,5]
SKK (µm)	$576,30 \pm 60,68$	$481,94 \pm 63,08$	$491,37 \pm 65,08$	$494,06 \pm 61,89$	$494,96 \pm 61,84$	$\chi^2=54,026$ p<0,001 [1-2,3,4,5]

SKK: Santral korneal kalınlık, EİKK: En ince korneal kalınlık *Normal dağılıma sahip olan verilerde üç veya daha bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde üç veya daha bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

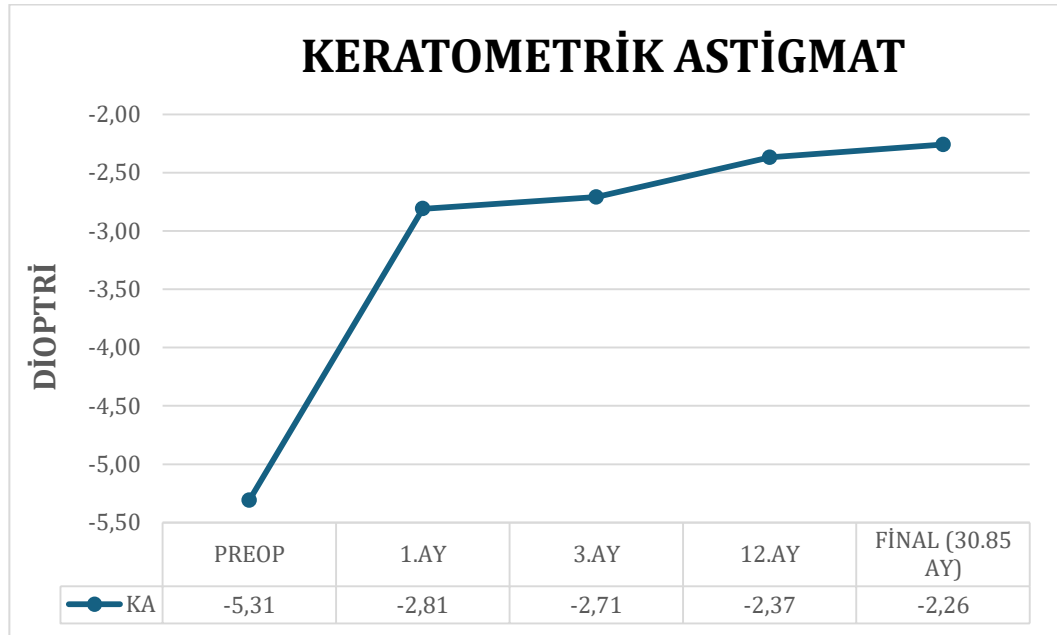
Tablo 22. Subgrup Analizinde Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif 12. ay ve Final Vizitindeki Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması

Lazer [+], Operasyon türü Değişken	DALK (n=14)		PK (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [IQR]	
Keratometrik astigmat					
12.ay	-2,03±1,74	-2,1 [2,6]	-3,16±0,41	-3,1 [0,8]	t=1,551 p=0,138
Final	-1,88±1,66	-1,9 [2,1]	-3,16±0,41	-3,1 [0,8]	t=1,836 p=0,083
Kmax					
12.ay	63,10±5,63	63,0 [6,4]	58,01±3,36	58,1 [6,0]	t=2,045 p=0,056
Final	63,22±5,78	63,0 [7,8]	58,01±3,36	58,1 [6,1]	t=2,046 p=0,056
K1					
12.ay	34,29±3,06	42,9 [3,8]	43,43±2,21	43,5 [4,2]	t=-0,102 p=0,920
Final	43,28±3,05	43,0 [3,6]	43,43±2,21	43,5 [4,1]	t=-0,113 p=0,911
K2					
12.ay	45,69±3,36	45,7 [4,7]	45,87±3,92	44,5 [5,1]	t=-0,105 p=0,917
Final	45,74±3,38	45,7 [4,6]	45,87±3,92	44,5 [5,1]	t=-0,076 p=0,940
Kort					
12.ay	44,46±3,22	44,3 [3,5]	44,55±2,49	45,1 [4,3]	t=-0,060 p=0,953
Final	44,48±3,22	44,4 [3,4]	44,55±2,49	45,1 [4,3]	t=-0,050 p=0,961

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.



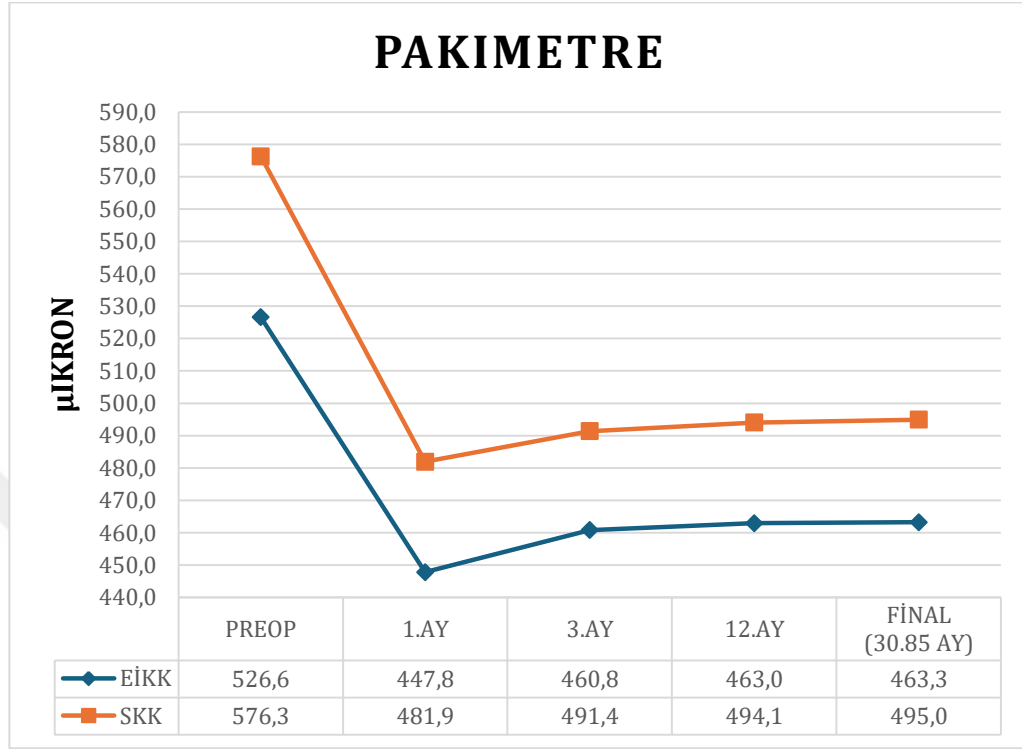
Şekil 13. Hastaların Keratometri Değerlerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 14. Zamana Göre Keratometrik astigmat Değişimi

Pakimetrik Değişim

Lazer uygulanan hastaların preoperatif ve postoperatif 1. , 3. , 12. aylardaki ve final vizitlerindeki SKK, EİKK değerleri **Şekil 15 ve Tablo 21**'de gösterilmiştir. Preoperatif $576,30 \pm 60,68$ μm olarak ölçülen SKK değerleri; postoperatif 12.ay vizitinde $494,06 \pm 61,89$ μm , final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $494,96 \pm 61,84$ μm olarak ölçülmüştür. Preoperatif $526,59 \pm 51,52$ μm olarak ölçülen EİKK değerleri; postoperatif 12.ay vizitinde $462,96 \pm 40,45$ μm , final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $463,26 \pm 40,26$ μm olarak ölçülmüştür. Hastaların SKK, EİKK değerlerinde; lazer sonrası tüm vizitlerinde (1. , 3. , 12. aylardaki ve final ($30,85 \pm 18,60$ ay) vizitlerinde) lazer öncesi değerlere göre istatistiksel anlamlı düşüş izlendi. ($p < 0,001$) Subgrup analizinde DALK ve PPK grupları arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. **(Tablo 24)**



Şekil 15. Hastaların Pakimetrik Değerlerinin Zamana Göre Değişimi

Aberometrik Değişim

Lazer uygulanan hastaların preoperatif ve postoperatif 1. , 3. , 12. aylardaki ve final vizitlerindeki 6 mm'deki yüksek sıralı aberasyon (HOA), sferik aberasyon ve koma değerleri **Şekil 16** ve **Tablo 23**'te özetlenmiştir. Preoperatif sırasıyla $4,93 \pm 2,96 \mu\text{m}$, $1,55 \pm 3,26 \mu\text{m}$ ve $3,59 \pm 2,68 \mu\text{m}$ iken; postoperatif 12 ayın sonunda $3,33 \pm 1,20 \mu\text{m}$, $0,62 \pm 2,22 \mu\text{m}$ ve $2,42 \pm 2,46 \mu\text{m}$; final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) ise $3,12 \pm 1,06 \mu\text{m}$, $0,57 \pm 2,09 \mu\text{m}$ ve $2,41 \pm 2,27 \mu\text{m}$ olarak ölçüldü. Hastaların HOA değerlerinde lazer sonrası tüm vizitlerinde (1. , 3. , 12. aylardaki ve final ($30,85 \pm 18,60$ ay) vizitlerinde) lazer öncesi değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı azalma izlendi. ($p < 0,001$) Koma değerlerinde tüm

vizitlerde azalma olmakla birlikte 12.ay ve final vizitlerindeki düşüşler istatistiksel olarak anlamlı bulundu. ($p<0,001$) Sferik aberasyon değerlerinde ise tüm vizitlerde azalma olmakla birlikte 3.ay, 12.ay ve final vizitlerindeki düşüşler istatistiksel olarak anlamlı bulundu. ($p=0,029$) Subgrup analizinde DALK ve PPK grupları arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. **(Tablo 24)**

Tablo 23. Lazer Uygulanan Hastaların Preoperatif ve Postoperatif Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması

Lazer [+]	PRK öncesi ⁽¹⁾	1.ay ⁽²⁾	3.ay ⁽³⁾	12.ay ⁽⁴⁾	Final (30,85 ay) ⁽⁵⁾	İstatistiksel analiz* Olasılık
Değişken (μm)	$\bar{X} \pm \text{S.S.}$	$\bar{X} \pm \text{S.S.}$	$\bar{X} \pm \text{S.S.}$	$\bar{X} \pm \text{S.S.}$	$\bar{X} \pm \text{S.S.}$	
HOA (6 mm)	4,93 $\pm$ 2,96	3,42 $\pm$ 1,23	3,39 $\pm$ 1,26	3,33 $\pm$ 1,20	3,12 $\pm$ 1,06	$\chi^2=45,493$ p<0,001 [1-2,3,4,5]
Sferik aberrasyon (6 mm)	1,55 $\pm$ 3,26	0,88 $\pm$ 2,09	0,52 $\pm$ 2,14	0,62 $\pm$ 2,22	0,57 $\pm$ 2,09	$\chi^2=15,180$ p=0,029 [1-3,4,5]
Koma (6 mm)	3,59 $\pm$ 2,68	2,75 $\pm$ 2,61	2,73 $\pm$ 2,80	2,42 $\pm$ 2,46	2,41 $\pm$ 2,27	$\chi^2=20,230$ p<0,001 [1-4,5]
Nasal epitel kalınlık	57,79 $\pm$ 3,42	55,08 $\pm$ 4,93	56,34 $\pm$ 2,89	55,50 $\pm$ 3,85	55,56 $\pm$ 3,56	F=2,181 p=0,156
Superior epitel kalınlık	58,08 $\pm$ 4,17	55,57 $\pm$ 5,68	55,79 $\pm$ 4,28	55,81 $\pm$ 4,19	56,30 $\pm$ 4,27	F=2,420 p=0,056
Temporal epitel kalınlık	58,99 $\pm$ 3,90	56,53 $\pm$ 5,23	58,67 $\pm$ 6,16	58,41 $\pm$ 5,71	58,74 $\pm$ 5,64	F=1,686 p=0,162
Inferior epitel kalınlık	58,10 $\pm$ 4,63	54,94 $\pm$ 6,12	56,08 $\pm$ 5,21	55,34 $\pm$ 4,23	55,82 $\pm$ 4,06	$\chi^2=20,106$ p<0,001 [1-2]

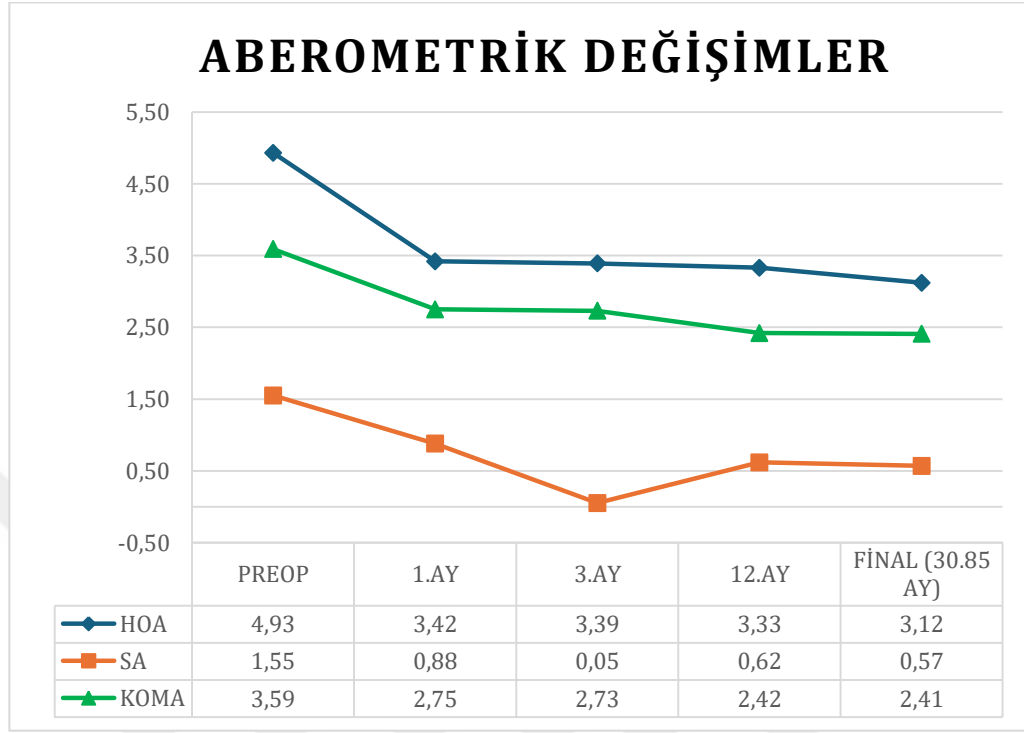
HOA: Yüksek sıralı aberasyon *Normal dağılıma sahip olan verilerde üç veya daha bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde üç veya daha bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Tablo 24. Subgrup Analizinde Lazer Uygulanan Hastaların Postoperatif 12. ay ve Final Vizitindeki Topografik ve Tomografik Verilerinin Karşılaştırılması

Lazer [+], Operasyon türü Değişken	DALK (n=14)		PK (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [IQR]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [IQR]	
EİKK					
12.ay	469,59±44,95	457,6 [63,6]	447,49±23,54	446,2 [35,6]	t=1,127 p=0,274
Final	470,03±44,63	457,6 [62,3]	447,49±23,54	446,2 [35,6]	t=1,157 p=0,262
SKK					
12.ay	504,90±68,95	485,9 [53,8]	468,76±33,08	477,1 [66,0]	Z=-1,237 p=0,216
Final	506,19±68,66	486,4 [50,0]	468,76±33,09	477,2 [66,0]	Z=-1,320 p=0,187
HOA (6 mm)					
12.ay	3,77±1,06	0,2 [0,3]	3,15±0,96	0,3 [0,2]	Z=-0,495 p=0,620
Final	3,68±1,02	0,2 [0,3]	3,02±0,87	0,3 [0,2]	Z=-0,413 p=0,680
Sferik aberasyon (6 mm)					
12.ay	0,72±2,60	0,3 [1,9]	0,38±1,06	0,7 [1,4]	Z=-0,083 p=0,934
Final	0,66±2,44	0,3 [1,9]	0,38±1,06	0,1 [1,4]	Z=-0,083 p=0,934
Koma (6 mm)					
12.ay	2,65±2,77	1,6 [2,2]	1,90±1,61	1,4 [2,6]	Z=-0,412 p=0,680
Final	2,63±2,52	1,6 [2,6]	1,90±1,61	1,4 [2,6]	Z=-0,495 p=0,621

SKK: Santral korneal kalınlık, EİKK: En ince korneal kalınlık, HOA: Yüksek sıralı aberasyon

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Repeated Measures” test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Friedman” test (χ^2 -tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.



Şekil 16. Hastaların Aberometrik Değerlerinin Zamana Göre Değişimi

Epitelyal Değişim

6 mm zonda nazal, temporal, superior ve inferior bölgelerdeki ortalama epitel kalınlıkları verileri **Tablo 23**'te özetlenmiştir. İnferior epitelyal kalınlığın 1.aydaki değeri dışında lazer sonrası tüm vizitlerde (1. , 3. , 12. aylardaki ve final (30,85±18,60 ay) vizitlerinde) epitel kalınlık değerlerinde lazer öncesi değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi. ($p>0,05$)

Komplikasyonlar

Topikal anestezi ile aseptik koşullarda Topografi rehberli PRK uygulanan hastaların hiçbirinde intraoperatif herhangi bir komplikasyon izlenmedi.

Bir hastada (%5) postoperatif 1.ay kontrolünde grade 1 korneal haze geliştiği görüldü. Loteprednol yerine %0.1 deksametazon damla verildi ve topikal steroid tedavisi sonrası korneal hazede belirgin gerileme olduğu görüldü.

Hiçbir hastada ortalama 30,85 aylık takip sürecinde greft reddi atağı, kalıcı yoğun haze, ektazi gelişimi, korneal melting, perforasyon veya skar, enfektif keratit, endotelyal hasar, keratometri değerlerinde artış, ilerleyici görme azalması izlenmedi.

5. TARTIŞMA

Keratokonus hastalarında keratoplasti sonrası dönemde gelişen yüksek ve irregüler astigmatizma, görsel rehabilitasyonu sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Bu astigmatizma; sütür tekniği, greft-host bileşkesinde farklı korneal kalınlık profilleri ve şekil bozukluğu, yara iyileşmesi gibi birçok faktörün etkisiyle ortaya çıkmaktadır.^{71,72} Literatürde keratoplasti sonrası %20–40 oranında düzensiz astigmatizma bildirilmektedir.⁵¹ Ayrıca bu hastaların %8-20'sinin gözlük veya kontakt lensi tolere edemediği ve cerrahi tedaviye ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir.^{55,56}

Bu ön korneal yüzeydeki refraktif özellikleri iyileştirerek görsel rehabilitasyon sağlayan PRK uygulamaları, nakil sonrası yüksek astigmatizmanın yönetiminde güvenli ve etkili seçenek bir olarak ilk kez 1992'de M. Campos ve ark. tarafından tanımlanmış ve daha sonra pek çok yayında da başarılı sonuçları bildirilmiştir.^{6,7,53,55,56,58,62,69,70,73–76} Graft-host bileşkesindeki şekil bozuklukları ve yara yeri asimetrisi, düzensiz korneal yüzey oluşumuna yol açarak yüksek dereceli aberasyonların gelişmesini tetikler.^{77,78} Gözlük veya KL ile düzeltilemeyen bu yüksek sıralı aberasyonların PRK ile önemli derecede düzeltilebildiği ve görme kalitesinin artırılabilirdiği gösterilmiştir.⁵⁴ Ayrıca kişiselleştirilmiş topografi rehberli PRK'nın refraktif ve aberometrik kusurları düzeltmede klasik PRK'ya göre daha etkili olduğunu bildiren yayınlar mevcuttur.^{62,76} Wavefront rehberli PRK tekniğinde bütün gözdeki aberasyonlar

dikkate alınmaktadır, topografi rehberli PRK’da ise keratoplasti sonrası düzensizlik ve aberasyonların ana kaynağı kabul edilen korneanın ön yüzeyi hedef alınmaktadır.⁷⁹

Bazı hastalarda ise greft- alıcı yatak bileşkesindeki ileri düzeyde incelme nedeniyle PRK uygulanamamaktadır. Bu hastalarda irregüler astigmattan çok; geç dönem ektazi olduğu düşünülmektedir. Literatürde ilk kez 1980 yılında KK nedeniyle PK opere bir hastada ektazi gelişimi bildirilmiştir⁸⁰. Sonrasında birçok çalışmada nakil sonrası ektazi gelişen olgular yayınlanmış olup sıklığı %5,9-36 arasında olarak bildirilmiştir, bu vakaların genellikle KK hastası olduğu görülmüş ve bu nedenle ektazi terimi yerine ‘KK nüksü’ ifadesi de birçok yayında kullanılmıştır.⁸¹⁻⁸⁵

Bu çalışmada nakil sonrası irregüler astigmatı olan toplamda 40 hastada PRK uygunluğunu değerlendirip 14’ü (%56) DALK, 6’sı (%40) PK geçirenler olmak üzere görsel rehabilitasyonu gözlük veya kontakt lens ile sağlanamayan toplam 20 hastaya topografi rehberliğinde PRK uyguladık. Lazere uygun olmayan 20 hastada ektazi geliştiğini tespit ettik ve olası risk faktörlerini araştırdık, PRK uygulanan 20 hastanın ise lazer sonuçlarını analiz edip nakil sonrasında yapılan PRK’nın güvenliğini ve etkinliğini değerlendirdik.

Çalışmamızda nakil sonrası KK nüksü gelişen hastalarda nakil öncesi pakimetrik değerler ile ektazi ilişkisinin önemli olduğunu vurgulamaktayız. Ayrıca bu ikisi arasındaki ilişkiyi bildirip periferik korneal kalınlık değerlerini bildiren ve bu değerler için cut-off değerleri belirleyen ilk çalışmadır. Bu cut-off değerlerinin

belirlenmesi, cerrahi öncesinde nüksün öngörülebilirliğini sağladığı gibi riskli gruba giren hastalarda nakil öncesi veya sonrası KÇB uygulanması, nakilde daha geniş greft kullanılması gibi seçeneklerin uygulanabilmesi için objektif bir risk analizi sunmaktadır.

Risk analizinde diğer keratometrik değerler yerine korneal kalınlığa ve 7-8 mm'lik zonlara önem vermemizin nedeni diğer keratometrik değerler nakil sonrasında kurvatür değişimine bağlı nakil öncesi değerlerden bağımsız, çok daha farklı değerler göstermesine karşın periferik korneal kalınlığının nakil öncesi ve sonrasında benzer kalması ve KK nüksünün genellikle greft-host bileşkesinde alıcı yatak veya grefte veya her ikisinde pakimetrik incelemeyle seyretmesidir.

81,83,86,87

Literatürde keratoplasti sonrası gelişen ektazinin preoperatif risk faktörleri arasında küçük greft çapı ve obstrüktif apne sendromu (OSAS) olabileceğine dair yayınlar bulunmaktadır.^{81,87} Bu çalışmada da ektazi gelişmiş olan grupta gelişmeyen gruba göre alıcı yatak trepan ve donör greft çaplarının anlamlı düzeyde daha küçük olduğunu gösterdik. Literatür araştırmaları ile çalışmamızın sonuçları örtüşmekte olup rezidü kalan konus dokusundan nüks KK geliştiği düşüncesini desteklemektedir. Bu yüzden KK sebebiyle kornea nakli planlanırken özellikle belirtilen cut-off değerleri de baz alınarak riskli grupta görülen hastalarda daha geniş greft kullanılması faydalı olabilir.

Keratokonusta gelişen ektazi alanının sıklıkla alt kadranda geliştiği gösterilmiştir.^{13,88} Ayrıca kornea nakli sonrası ektazinin genellikle alt kadranda

geliştiği gösterilmiştir.^{83,86} Bizim alışmamızda da en sık alt temporal (%45), alt nazal (%30), inferior (%20) kadranda izlendi. Literatür araştırmaları ile bizim çalışmamızın sonuçları örtüşmekte olup nakil sonrası gelişen ektazi alanının yeterince çıkarılamayan rezidü konus dokusu olduğu dşncesini güçlendirmekte ve nüks KK denilmesini doğrulamaktadır.

Risk analizinde 7 ve 8 mm zonlardaki korneal kalınlık değerlerinde her kadranda anlamlı fark bulunmuş olsa da yukarıda da bahsedildiği üzere keratokonusta nakil öncesinde veya sonrasında ektazi en sık alt yarıda gelişmekte olup çalışmamızdaki her iki zonda da nazal, temporal ve inferiordaki cut-off değerleri uyumlu bulunmuştur. Her zonda her bir kadrana ayrı cut-off değerine yerine her zon için tek kalınlık değer olması klinik pratikte kullanım kolaylığı için faydalı olabilir. Superior kadranda hem konusun hem de nüksün daha nadir olması ve çalışmamızda da diğer kadrانlarla uyumlu olmayan daha yüksek periferik korneal kalınlık değerleri bulunduğu için nazal, temporal ve inferior kadrانlardaki değerler dikkate alınarak ortak cut-off değerleri 7 mm zon için 540 m ve 8 mm zon için 580 m belirlenmiştir. Korneal kalınlık bu zonlarda belirtilen değerlerin altında ise greft reddini engelleyebilecek limbustaki vasküler dokudan yeterli uzaklıkta olan maksimum genişlikte greft çapı seçimi, rezidü dokuyu maksimum düzeyde çıkarıp nüks oranını düşürmekte faydalı olabilir.

Ayrıca pakimetrik haritada kadrان farketmeksizin, korneal kalınlığın 500 m'a ulaştığı santralden en uzak mesafe cut-off değerine 3,13 mm olarak bulunmuş olup risk analizi için objektif sonuçlar vermektedir. Bu alan genellikle konusun

perifer kenarında bulunmuştur ve 3,13 mm üzerinde ise nakil sonrası alıcı yatakta rezidü hastalıklı doku kalma riski yüksek olduğu için bu hastalarda da geniş greft seçimi nüksü engellemede faydalı olabilir.

Çalışmamızda nakil öncesinde KÇB öyküsünün nakil sonrası ektaziyi engellemede yaklaşık 19 kat etkili olduğunu bulduk. Çalışmamız bu ikisi arasındaki ilişkiyi objektif olarak bildiren ilk çalışmadır. Ektazi gelişen yalnızca 1 hastada KÇB öyküsü var olmasına karşın 19 hastada KÇB uygulanmamıştı. Literatürde nakil öncesinde KÇB yapılmış olmasının nakil sonrası ektazi gelişimiyle ilişkisini veya önlediğini bildiren herhangi bir veri yok. Post-nakil ektazi olgularını bildiren 31 hasta içeren bir yayında olgularının hiçbirinde KÇB öyküsü olmadığını ve KÇB'nin KK hastalarında post-nakil ektaziyi önlemesi ile ilgili araştırma yapılabileceğinden bahsedilmiş.⁸¹ Nakil sonrası ektazinin alıcı yatakta kalan periferik hastalıklı dokudan gelişmesi nedeniyle ileri evre bir KK hastasına DALK cerrahisinden 3 ay öncesinde santralin korunarak periferik KÇB (6,5-9 mm) uygulanmış ve 1 yıllık takibinde stabil olduğu izlenmiştir. Bu çalışmada takip süresi kısa olmakla birlikte bizim çalışmamızda nakil sonrası ortalama 91 aylık takipte nakil öncesinde KÇB öyküsünün ektaziden koruyucu olduğu düşüncesini desteklemektedir. Ayrıca nakil sonrası gelişen ektazi tedavisinde KÇB uygulanmasının sonuçlarını bildiren 3 yayın mevcuttur. Bunlardan en eskisi 2012 yılında Richoz ve ark.⁸⁹ post-nakil ektazili 3 olguda KÇB uygulamasının 1 yıllık sonuçlarında Kmax'ın 1,0 D veya fazla artmadığını göstermiştir. Ardından 2023 yılında Kapelushnik ve ark. 10 gözde 1 yıllık ve 2025

yılında Bonacci ve ark. 25 gözde 4 yıllık takiplerinde başarılı sonuçlar bildirmiştir.^{90,91}

Çalışmamızda diğer birincil amacımız ise nakil sonrası astigmat nedeniyle görsel rehabilitasyonu gözlük veya kontakt lens ile sağlanamayan ektazi gelişmemiş olan topografi rehberliğinde PRK uygulanmış hastaların sonuçlarını paylaşmaktır. Ektazi gelişmemiş olan 14'ü (%56) DALK, 6'sı (%40) PK geçirenler olmak üzere toplam 20 hastaya topografi rehberliğinde PRK uyguladık. Literatürde nakil sonrası PRK yapılan çalışmalarda en uzun takip süresi Bizrah M. ve ark. 33'ü KK olmak üzere toplamda 54 gözün 31 ± 17 aylık takip sonuçlarını sundukları çalışmadır. Çalışmamızda lazer sonrası takip süresi $30,85\pm18,60$ ay olup bildiğimiz kadarıyla literatürdeki ikinci en uzun takip süresi olan çalışmadır. Literatürdeki çalışmalarda PK baskın keratoplasti türüdür, DALK sonrası PRK uygulanan 5 ve üzeri olgusu olan Sorkin N. ve ark. 14 göz, Leccisotti ve ark. 10 göz içeren çalışmalardır. Bunlardan Sorkin ve ark. çalışmasında keratokonus etiyojisi oranı bulunamamıştır. Bildiğimiz kadarıyla çalışmamız 14 göz ile keratokonuslu hastalarda DALK sonrası PRK sonuçlarını inceleyen en geniş seridir.^{6,7,50,73,76}

Çalışmamızda lazer öncesi DGK ve EİDGK sırasıyla $1,02\pm0,38$ logMAR ve $0,41\pm0,43$ logMAR iken; lazer sonrası 12 ayın sonunda $0,37\pm0,29$ logMAR ve $0,23\pm0,24$ logMAR; ortalama 30,85 ay olan final vizitinde ise $0,36\pm0,29$ logMAR ve $0,22\pm0,24$ logMAR olarak ölçüldü. 12. ay ve final vizitinde hastaların hem

DGK'de hem de EİDGK'de istatistiksel olarak anlamlı düzelme olduğu izlendi. (p<0,001)

Bizrah M. ve ark. 50 hastanın 54 gözüne keratoplasti sonrası astigmatizma için topografi rehberliğinde PRK uyguladıkları ve 31 aylık takip sonuçlarını sundukları çalışmada DGK ve EİDGK ameliyat öncesi sırasıyla $0,96 \pm 0,06$ ve $0,22 \pm 0,02$ logMAR iken postoperatif 31. ayda $0,46 \pm 0,05$ ve $0,21 \pm 0,03$ logMAR olmuştur.⁷⁶ EİDGK açısından değil ancak DGK düzelmesinin bizim çalışmamızla benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. (p<0,001) EİDGK düzelmesinin sınırlı kalmasının nedeni preoperatif değerlerin oldukça iyi olmasından kaynaklı olduğu ve preoperatif EİDGK düşük olan hastalara yapılan subgrup analizinde EİDGK'da istatistiksel anlamlı düzelme olduğu belirtilmiştir. (p = 0,005)

Spadea L. ve ark. 12 göze topografi rehberli transepitelyal PRK uyguladıkları ve 12 ay takip ettikleri prospektif çalışmada DGK ve EİDGK preoperatif sırasıyla $1,22 \pm 0,17$ ve $0,18 \pm 0,03$ logMAR iken postoperatif 12. ayda $0,63 \pm 0,17$ ve $0,04 \pm 0,03$ logMAR olmuştur.⁷⁵ Bizim çalışmamızla benzer şekilde görme kazancının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. (p<0,001)

Sorkin N. ve ark. 13 göze wavefront rehberli PRK uygulayıp 14 ay takip ettikleri ve 34 göze topografi rehberli PRK uygulayıp 17 ay takip ettikleri iki ayrı çalışmada ve Lains I. ve ark. 31 göze topografi rehberli PRK uygulayıp 9 ay takip ettikleri çalışmada bizim çalışmamızla benzer şekilde ameliyat sonrası görme kazançlarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir.^{7,50,74}

Topografi rehberli PRK'da çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak bildirilmiş olan özellikle DGK düzelmesi oldukça önemlidir. Çünkü bu hastalarda görsel rehabilitasyon gözlük veya kontakt lens (KL) ile sağlanamıyorsa veya intoleransı var ise cerrahi tedavi gündeme gelmektedir. İyi DGK özellikle KL intoleransı olan hastalar için faydalıdır. Çalışmamızda hastaların hiçbirinde postoperatif final vizitinde DGK ve EİDGK açısından sıra kaybı izlenmedi. Ortalama satır kazanımı DGK açısından $6,47 \pm 3,74$ iken EİDGK açısından $1,89 \pm 3,46$ idi. DGK açısından 13 (%65) gözde 5 sıra ve üzeri kazanım izlendi. Ayrıca preoperatif hiçbir hasta 20/25 (0,1 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahip değil iken; postoperatif final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) hastaların 5'i (%20) 20/25 (0,1 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahipti. ($p=0,026$) Preoperatif hiçbir hasta 20/40 (0,3 logMAR) ve üzeri DGK'ya sahip değil iken; postoperatif final vizitinde ($30,85 \pm 18,60$ ay) hastaların %45'inde DGK 20/40 (0,3 logMAR) ve üzerinde idi. ($p<0,001$) 20/40 ve üzeri DGK, hastalara günlük yaşamlarındaki çoğu aktivitede bağımsızlık sunmaktadır. Örneğin 20/40 DGK; gelişmiş ülkelerin çoğunda araç kullanmak için yeterli görme keskinliğidir.^{76,92,93} Bu nedenle DGK düzelmesi topografi rehberli PRK'nın en önemli tedavi sonuçlarından biridir.

Bizim çalışmamızda hastaların lazer öncesi sferik ve silindirik refraksiyonları sırasıyla $-2,35 \pm 1,13$ D ve $-4,43 \pm 1,88$ D iken; postoperatif 12 ayın sonunda $0,48 \pm 1,36$ D ve $-1,75 \pm 1,01$ D; ortalama 30,85 ay olan final vizitinde ise $0,49 \pm 1,36$ D ve $-1,69 \pm 1,09$ D olarak ölçüldü. Preoperatif sferik eşdeğerleri $-2,35 \pm 1,13$ D iken; 12 ayın sonunda $-0,40 \pm 1,29$ D, final vizitinde ise $-0,35 \pm 1,30$ D olarak kaydedildi. Sferik ve silindirik değerlerdeki, sferik eşdeğerlerdeki

postoperatif değişimler preoperatif değerlere göre istatistiksel olarak anlamlıydı. ($p<0,01$) Literatürdeki çalışmaların çoğunluğunda bu üç parametrede de çalışmamızla uyumlu bir şekilde istatistiksel olarak anlamlı düzelme bildirilmiştir.^{7,50,73-76} Khan M. ve ark.⁵⁴ tarafından 2024 yılında yayınlanan 13 çalışmayı içeren derlemede silindirik refraksiyon ve sferik eşdeğerdeki düzelme sırasıyla ortalama 3,36 D (1,56 D- 5,76 D) ve 2,63 D (0,96 D- 4,48 D) olarak bildirilmiş olup çalışmamızda silindirik refraksiyon ve sferik eşdeğerdeki düzelme literatürle uyumlu bir şekilde sırasıyla 2,68 D ve 2,0 D olarak bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda hastaların lazer öncesi Kmax, K1, K2 ve Kort değerleri sırasıyla $64,57\pm4,69$ D, $46,33\pm3,82$ D, $49,53\pm3,90$ D ve $47,87\pm3,80$ D iken; postoperatif ortalama 30,85 ay olan final vizitinde $61,66\pm5,64$ D, $43,32\pm2,77$ D, $45,78\pm3,44$ D ve $44,50\pm2,95$ D olarak ölçüldü. Preoperatif keratometrik astigmat değeri $-5,31\pm2,24$ D iken; final vizitinde $-2,26\pm1,51$ D olarak kaydedildi. Literatürle uyumlu bir şekilde Kmax, K1, K2, Kort ve keratometrik astigmat değerlerindeki postoperatif değişimler preoperatif değerlere göre istatistiksel olarak anlamlıydı.^{62,75,76,94} ($p<0,01$) Çalışmamızda primer ölçütlerden olan keratometrik astigmat değerindeki düzelme Bizrah M. ve ark.⁷⁶ 2,26 D ve Spadea L. ve ark.⁷⁵ 2,81 D olarak bildirilmiş olup çalışmamızda literatürle uyumlu olarak 3,05 D olarak kaydedilmiştir.

Bizim çalışmamızda hastaların lazer öncesi yüksek sıralı aberasyon (HOA), sferik aberasyon ve koma değerleri sırasıyla $4,93\pm2,96$ μ m, $1,55\pm3,26$ μ m ve $3,59\pm2,68$ μ m iken; postoperatif 12 ayın sonunda $3,33\pm1,20$ μ m, $0,62\pm2,22$ μ m

ve $2,42 \pm 2,46$ μm ; ortalama 30,85 ay olan final vizitinde ise $3,12 \pm 1,06$ μm , $0,57 \pm 2,09$ μm ve $2,41 \pm 2,27$ μm olarak ölçüldü. HOA, sferik aberasyon ve koma değerlerindeki postoperatif değişimler preoperatif değerlere göre istatistiksel olarak anlamlıydı. ($p < 0,01$) Literatürdeki çalışmaların çoğunluğunda bu üç parametrede de çalışmamızla uyumlu bir şekilde istatistiksel olarak anlamlı düzelme bildirilmiştir.^{7,62,95} Khan M. ve ark.⁵⁴ tarafından 2024 yılında yayınlanan 13 çalışmayı içeren derlemede HOA'daki düzelme ortalama $1,50$ μm ($0,66$ μm - $1,90$ μm) olarak bildirilmiş olup çalışmamızda literatür ile uyumlu bir şekilde $1,81$ μm olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda PRK sonrası erken dönemde geçici yüzey irritasyonu ve hafif kuru göz bulguları dışında ciddi bir komplikasyon gözlenmedi; bir hastada (%5) postoperatif 1.ay kontrolünde grade 1 korneal haze geliştiği görülmüş olup topikal steroid tedavisi sonrası korneal hazede belirgin gerileme olduğu izlendi. Hiçbir hastada yaklaşık 30 aylık takip sürecinde greft reddi atağı, kalıcı yoğun haze, ektazi gelişimi, korneal melting, perforasyon veya skar, enfektif keratit, endotelyal hasar, keratometri değerlerinde artış, ilerleyici görme azalması izlenmedi. Literatürde çalışmamızla uyumlu olarak ciddi komplikasyonlar genellikle izlenmediği, haze oranının %0- 25 arasında değişmekte olup MMC kullanılmayan çalışmalarda kullanılanlara göre daha fazla haze görüldüğü bildirilmiştir. ^{7,54,62,95,96} Bu bağlamda, çalışmamızın komplikasyon bulguları mevcut literatürle uyumludur ve topografi rehberli PRK'nin keratoplasti sonrası yüksek ve düzensiz astigmatizma tedavisinde güvenli bir seçenek olduğunu desteklemektedir.

Bununla birlikte bu prosedürün etkinliği, güvenilirliği ve stabilitesini belirlemek için daha geniş seriler ve uzun dönem gözlemlerle desteklenmesine ihtiyaç vardır. Yine de mevcut bulgular, uygun kalınlığa ve topografik stabiliteye sahip greftlerde topografi rehberli PRK'nin invazif ek cerrahi girişimlere ihtiyaç kalmadan görsel rehabilitasyonda önemli katkı sağlayabileceğini göstermektedir.



6. SONUÇ

Çalışmamız keratoplasti sonrası irregüler astigmatizma gelişen keratokonus hastalarında ektazi gelişmemiş ise topografi rehberli PRK'nin görsel, refraktif, keratometrik ve aberometrik parametrelerde anlamlı iyileşme sağladığını ve bu elde ettiğimiz sonuçların literatürde bildirilen verilerle büyük ölçüde uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda topografi rehberli PRK'nin keratoplasti sonrası düzensiz astigmatizmanın tedavisinde etkili, öngörülebilir ve güvenli bir yöntem olduğu söylenebilir.

Ektazi gelişen hastalarda ise preoperatif risk faktörleri değerlendirildiğinde greft ve alıcı yatak boyutunun küçük olmasının ve periferik pakimetrik değerlerin özellikle 7 ve 8 mm zonlarda düşük olmasının ektazi açısından risk faktörü olduğu, nakil öncesi KÇB öyküsünün ektaziye karşı 19 kat koruyucu olduğu görüldü. Özellikle riskli hastalarda KK nedeni ile kornea nakli yapılırken geniş greft kullanmanın ve nakil öncesinde KÇB uygulamanın nakil sonrası ektaziye karşı koruyucu etkisi vardır. Bu nedenle nakil öncesinde risk analizi ve pakimetrik değerlendirmeler faydalı olabilir.

7. KAYNAKÇA

1. Gomes JAP, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *Cornea*. 2015;34(4):359-369. doi:10.1097/ICO.0000000000000408
2. Jhanji V, Sharma N, Vajpayee RB. Management of keratoconus: current scenario. *British Journal of Ophthalmology*. 2011;95(8):1044-1050. doi:10.1136/bjo.2010.185868
3. Kobashi H, Rong SS. Corneal Collagen Cross-Linking for Keratoconus: Systematic Review. *Biomed Res Int*. 2017;2017:1-7. doi:10.1155/2017/8145651
4. Moffatt SL, Cartwright VA, Stumpf TH. Centennial review of corneal transplantation. *Clin Exp Ophthalmol*. 2005;33(6):642-657. doi:10.1111/j.1442-9071.2005.01134.x
5. Chen G, Tzekov R, Li W, Jiang F, Mao S, Tong Y. Deep Anterior Lamellar Keratoplasty Versus Penetrating Keratoplasty. *Cornea*. 2016;35(2):169-174. doi:10.1097/ICO.0000000000000691
6. Leccisotti A. Photorefractive Keratectomy With Mitomycin C After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *Cornea*. 2008;27(4):417-420. doi:10.1097/ICO.0b013e318164e4b8
7. Sorkin N, Einan-Lifshitz A, Abelson S, et al. Stepwise Guided Photorefractive Keratectomy in Treatment of Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty and Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea*. 2017;36(11):1308-1315. doi:10.1097/ICO.0000000000001359
8. Farjo AA, McDermott ML, Kaz Soong H. Corneal Anatomy, Physiology, and Wound Healing. In: *Ophthalmology*. Elsevier; 2009:203-208. doi:10.1016/B978-0-323-04332-8.00025-1
9. Sevel D, Isaacs R. A re-evaluation of corneal development. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1988;86:178-207.

10. DelMonte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(3):588-598. doi:10.1016/j.jcrs.2010.12.037
11. Sridhar M. Anatomy of cornea and ocular surface. *Indian J Ophthalmol.* 2018;66(2):190. doi:10.4103/ijo.IJO_646_17
12. Feder RS. *External Disease and Cornea.* American Academy of Ophthalmology; 2022.
13. Santodomingo-Rubido J, Carracedo G, Suzaki A, Villa-Collar C, Vincent SJ, Wolffsohn JS. Keratoconus: An updated review. *Contact Lens and Anterior Eye.* 2022;45(3):101559. doi:10.1016/j.clae.2021.101559
14. Armstrong BK, Smith SD, Romac Coc I, Agarwal P, Mustapha N, Navon S. Screening for Keratoconus in a High-Risk Adolescent Population. *Ophthalmic Epidemiol.* 2021;28(3):191-197. doi:10.1080/09286586.2020.1804593
15. Sriranganathan A, Chan CC, Dhillon J, Felfeli T. Global Incidence and Prevalence of Keratoconus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cornea.* Published online August 20, 2025. doi:10.1097/ICO.0000000000003973
16. Hashemi H, Heydarian S, Hooshmand E, et al. The Prevalence and Risk Factors for Keratoconus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cornea.* 2020;39(2):263-270. doi:10.1097/ICO.0000000000002150
17. Cristina Kenney M, Brown DJ. The Cascade Hypothesis of Keratoconus. *Contact Lens and Anterior Eye.* 2003;26(3):139-146. doi:10.1016/S1367-0484(03)00022-5
18. Vellara HR, Patel D V. Biomechanical properties of the keratoconic cornea: a review. *Clin Exp Optom.* 2015;98(1):31-38. doi:10.1111/cxo.12211
19. Ramírez Fernández M, Hernández Quintela E, Naranjo Tackman R. Comparison of stromal corneal nerves between normal and keratoconus patients using confocal microscopy. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2014;89(8):308-312. doi:10.1016/j.ofal.2014.02.014

20. Uçakhan ÖÖ, Kanpolat A, Ylmaz N, Özkan M. In Vivo Confocal Microscopy Findings in Keratoconus. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*. 2006;32(4):183-191. doi:10.1097/01.icl.0000189038.74139.4a
21. Mathew JH, Goosey JD, Bergmanson JPG. Quantified Histopathology of the Keratoconic Cornea. *Optometry and Vision Science*. 2011;88(8):988-997. doi:10.1097/OPX.0b013e31821ffbd4
22. Gold J, Chauhan V, Rojanasthien S, Fitzgerald J. Munson's Sign: An Obvious Finding to Explain Acute Vision Loss. *Clin Pract Cases Emerg Med*. 2019;3(3):312-313. doi:10.5811/cpcem.2019.5.42793
23. Naderan M, Jahanrad A, Farjadnia M. Clinical biomicroscopy and retinoscopy findings of keratoconus in a Middle Eastern population. *Clin Exp Optom*. 2018;101(1):46-51. doi:10.1111/cxo.12579
24. Barsam A, Brennan N, Petrushkin H, et al. Case-control study of risk factors for acute corneal hydrops in keratoconus. *British Journal of Ophthalmology*. 2017;101(4):499-502. doi:10.1136/bjophthalmol-2015-308251
25. Fan R, Chan TC, Prakash G, Jhanji V. Applications of corneal topography and tomography: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2018;46(2):133-146. doi:10.1111/ceo.13136
26. Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. *J Fr Ophtalmol*. 2019;42(10):e439-e451. doi:10.1016/j.jfo.2019.09.001
27. Polido J, Xavier dos Santos Araújo ME, H. Wakamatsu T, et al. Correlation between Placido-disc and rotating Scheimpflug keratometric findings before and after corneal crosslinking in children with keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(10):1183-1189. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000000944
28. Belin M, Ambrósio R. Scheimpflug imaging for keratoconus and ectatic disease. *Indian J Ophthalmol*. 2013;61(8):401. doi:10.4103/0301-4738.116059

29. Perry HD, Buxton JN, Fine BS. Round and Oval Cones in Keratoconus. *Ophthalmology*. 1980;87(9):905-909. doi:10.1016/S0161-6420(80)35145-2
30. Belin M, Kundu G, Shetty N, Gupta K, Mullick R, Thakur P. ABCD: A new classification for keratoconus. *Indian J Ophthalmol*. 2020;68(12):2831. doi:10.4103/ijo.IJO_2078_20
31. Henriquez MA, Larco C, Izquierdo L. Definition of Progressive Keratoconus: A Systematic Review. *Cornea*. 2025;44(11):1341-1351. doi:10.1097/ICO.0000000000003777
32. Espandar L, Meyer J. Keratoconus: Overview and update on treatment. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2010;17(1):15. doi:10.4103/0974-9233.61212
33. Sinjab MM. *Quick Guide to the Management of Keratoconus: A Systematic Step-by-Step Approach*. Springer; 2012.
34. Raiskup F, Herber R, Lenk J, et al. Corneal Crosslinking With Riboflavin and UVA Light in Progressive Keratoconus: Fifteen-Year Results. *Am J Ophthalmol*. 2023;250:95-102. doi:10.1016/j.ajo.2023.01.022
35. Hagem AM, Thorsrud A, Sæthre M, Sandvik G, Kristianslund O, Drolsum L. Dramatic Reduction in Corneal Transplants for Keratoconus 15 Years After the Introduction of Corneal Collagen Crosslinking. *Cornea*. 2024;43(4):437-442. doi:10.1097/ICO.0000000000003401
36. Tan DT, Dart JK, Holland EJ, Kinoshita S. Corneal transplantation. *The Lancet*. 2012;379(9827):1749-1761. doi:10.1016/S0140-6736(12)60437-1
37. Yao YF. Therapeutic penetrating keratoplasty in severe fungal keratitis using cryopreserved donor corneas. *British Journal of Ophthalmology*. 2003;87(5):543-547. doi:10.1136/bjo.87.5.543
38. Wilson SE, Bourne WM. Corneal preservation. *Surv Ophthalmol*. 1989;33(4):237-259. doi:10.1016/0039-6257(82)90150-3
39. Armitage WJ, Jones MNA, Zambrano I, Carley F, Tole DM. The Suitability of Corneas Stored by Organ Culture for Penetrating

- Keratoplasty and Influence of Donor and Recipient Factors on 5-Year Graft Survival. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2014;55(2):784. doi:10.1167/iov.13-13386
40. Ehlers N, Hjortdal J, Nielsen K. Corneal Grafting and Banking. In: *Eye Banking*. KARGER; 2009:1-14. doi:10.1159/000223833
 41. Melki SA., Azar DT. *101 Pearls in Refractive, Cataract, and Corneal Surgery*. Slack; 2001.
 42. Wilbanks GA, Cohen S, Chipman M, Rootman DS. Clinical Outcomes Following Penetrating Keratoplasty Using the Barron-Hessburg and Hanna Corneal Trephination Systems. *Cornea*. 1996;15(6):589-598. doi:10.1097/00003226-199611000-00009
 43. Vajpayee RB. Evaluation of techniques of single continuous suturing in penetrating keratoplasty. *British Journal of Ophthalmology*. 2001;85(2):134-138. doi:10.1136/bjo.85.2.134
 44. Dua HS, Azuara-Blanco A. Corneal allograft rejection: risk factors, diagnosis, prevention, and treatment. *Indian J Ophthalmol*. 1999;47(1):3-9.
 45. Anwar M, Teichmann KD. Deep Lamellar Keratoplasty: surgical techniques for anterior lamellar keratoplasty with and without baring of Descemet's membrane. *Cornea*. 2002;21(4):374-383. doi:10.1097/00003226-200205000-00009
 46. Arundhati A, Chew MC, Lim L, et al. Comparative Study of Long-term Graft Survival Between Penetrating Keratoplasty and Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2021;224:207-216. doi:10.1016/j.ajo.2020.11.006
 47. Anwar M, Teichmann KD. Big-bubble technique to bare Descemet's membrane in anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(3):398-403. doi:10.1016/S0886-3350(01)01181-6
 48. Melles GRJ, Remeijer L, Geerards AJM, Beekhuis WH. A Quick Surgical Technique for Deep, Anterior Lamellar Keratoplasty Using Visco-dissection. *Cornea*. 2000;19(4):427-432. doi:10.1097/00003226-200007000-00004

49. Ogawa A, Yamaguchi T, Mitamura H, et al. Aetiology-specific comparison of long-term outcome of deep anterior lamellar keratoplasty for corneal diseases. *British Journal of Ophthalmology*. 2016;100(9):1176-1182. doi:10.1136/bjophthalmol-2015-307427
50. Láíns I, Rosa AM, Guerra M, et al. Irregular Astigmatism After Corneal Transplantation—Efficacy and Safety of Topography-Guided Treatment. *Cornea*. 2016;35(1):30-36. doi:10.1097/ICO.0000000000000647
51. Sorkin N, Einan-Lifshitz A, Abelson S, et al. Stepwise Guided Photorefractive Keratectomy in Treatment of Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty and Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea*. 2017;36(11):1308-1315. doi:10.1097/ICO.0000000000001359
52. De Molfetta V, Brambilla M, De Casa N, Arpa P, Riva M. Residual Corneal Astigmatism after Perforating Keratoplasty. *Ophthalmologica*. 1979;179(6):316-321. doi:10.1159/000308938
53. Ohno K. Customized Photorefractive Keratectomy for the Correction of Regular and Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty. *Cornea*. 2011;30(Supplement 1):S41-S44. doi:10.1097/ICO.0b013e318228174b
54. Khan MS, Gonzales AL, Kofi M, Alio JL. Outcomes of Photorefractive Keratectomy After Corneal Graft: Brief Review. *Cornea*. 2024;43(12):1592-1598. doi:10.1097/ICO.0000000000003663
55. Alsubhi AH, Alhindi N, Abukhudair A, Alsulami A, Seraj H, Morfeq H. Safety and efficacy of a laser refractive procedure in eyes with previous keratoplasty: systematic review and meta-analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2023;49(12):1275-1282. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000001256
56. Rajan MS, O'Brart DPS, Patel P, Falcon MG, Marshall J. Topography-guided customized laser-assisted subepithelial keratectomy for the treatment of postkeratoplasty astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(6):949-957. doi:10.1016/j.jcrs.2006.02.036
57. Lisa C, García-Fernández M, Madrid-Costa D, Torquetti L, Merayo-Llones J, Alfonso JF. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism correction after

- penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(11):1660-1667. doi:10.1016/j.jcrs.2013.04.038
58. Ward MS, Wandling GR, Goins KM, Sutphin JE, Kitzmann AS, Wagoner MD. Photorefractive Keratectomy Modification of Postkeratoplasty Anisometropic Refractive Errors. *Cornea.* 2013;32(3):273-279. doi:10.1097/ICO.0b013e31824a22a4
 59. Liu JC, McDonald MB, Varnell R, Andrade HA. Myopic excimer laser photorefractive keratectomy: an analysis of clinical correlations. *Refract Corneal Surg.* 1990;6(5):321-328.
 60. Camellin M, Guidotti JM, Arba Mosquera S. Corneal-Wavefront guided transepithelial photorefractive keratectomy after corneal collagen cross linking in keratoconus. *J Optom.* 2017;10(1):52-62. doi:10.1016/j.optom.2016.02.001
 61. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Collagen Cross-Linking (CCL) With Sequential Topography-Guided PRK. *Cornea.* 2007;26(7):891-895. doi:10.1097/ICO.0b013e318074e424
 62. Kijonka M, Nowińska A, Wylęgała A, et al. Efficacy of Photorefractive Keratectomy vs. Topography-Guided Photorefractive Keratectomy for Refractive Errors and Aberrations Post-Penetrating Keratoplasty. *J Clin Med.* 2025;14(4):1038. doi:10.3390/jcm14041038
 63. Campos M, Hertzog L, Wang XW, Fasano AP, McDonnell PJ. Corneal surface after deepithelialization using a sharp and a dull instrument. *Ophthalmic Surg.* 1992;23(9):618-621.
 64. Abad JC, An B, Power WJ, Foster CS, Azar DT, Talamo JH. A Prospective Evaluation of Alcohol-assisted versus Mechanical Epithelial Removal Before Photorefractive Keratectomy. *Ophthalmology.* 1997;104(10):1566-1575. doi:10.1016/S0161-6420(97)30095-5
 65. Pallikaris IG, Karoutis AD, Lydataki SE, Siganos DS. Rotating brush for fast removal of corneal epithelium. *J Refract Corneal Surg.* 1994;10(4):439-442.
 66. Kapadia MS, Meisler DM, Wilson SE. Epithelial removal with the excimer laser (laser-scrape) in photorefractive keratectomy

retreatment¹¹The authors have no proprietary interest in any aspect of this study. *Ophthalmology*. 1999;106(1):29-34. doi:10.1016/S0161-6420(99)90002-7

67. Semnani F, Damavandi AR, Abdollahi M, Sajadi M, Sadoughi MM, Hassanpour K. Photorefractive keratectomy (PRK) in patients with thin corneas: A systematic review and meta-analysis of clinical outcomes and complications. *J Cataract Refract Surg*. Published online September 15, 2025. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000001790
68. Marques EF, Leite EB, Cunha-Vaz JG. Corticosteroids for Reversal of Myopic Regression After Photorefractive Keratectomy. *Journal of Refractive Surgery*. 1995;11(3). doi:10.3928/1081-597X-19950502-24
69. Campos M, Hertzog L, Garbus J, Lee M, McDonnell PJ. Photorefractive Keratectomy for Severe Postkeratoplasty Astigmatism. *Am J Ophthalmol*. 1992;114(4):429-436. doi:10.1016/S0002-9394(14)71854-9
70. Bilgihan K, Özdek ŞC, Akata F, Hasanreisoglu B. Photorefractive keratectomy for post-penetrating keratoplasty myopia and astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(11):1590-1595. doi:10.1016/S0886-3350(00)00692-1
71. Liu H, Chen Y, Wang P, et al. Efficacy and Safety of Deep Anterior Lamellar Keratoplasty vs. Penetrating Keratoplasty for Keratoconus: A Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015;10(1):e0113332. doi:10.1371/journal.pone.0113332
72. Moramarco A, Gardini L, Iannetta D, Versura P, Fontana L. Post Penetrating Keratoplasty Ectasia: Incidence, Risk Factors, Clinical Features, and Treatment Options. *J Clin Med*. 2022;11(10):2678. doi:10.3390/jcm11102678
73. Idris L, Khandekar R, Ahad M. Topography guided custom ablation treatment for residual refractive error after keratoplasty. *Journal of EuCornea*. 2020;9:10-16. doi:10.1016/j.xjec.2020.10.001
74. Sorkin N, Kreimei M, Einan-Lifshitz A, et al. Wavefront-Guided Photorefractive Keratectomy in the Treatment of High Astigmatism Following Keratoplasty. *Cornea*. 2019;38(3):285-289. doi:10.1097/ICO.0000000000001830

75. Spadea L, Visioli G, Mastromarino D, Alexander S, Pistella S. Topography-Guided Trans-Epithelial No-Touch Photorefractive Keratectomy for High Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty: A Prospective 12-Months Follow-Up. *Ther Clin Risk Manag.* 2021;Volume 17:1027-1035. doi:10.2147/TCRM.S329932
76. Bizrah M, Lin DTC, Babili A, Wirth MA, Arba-Mosquera S, Holland SP. Topography-Guided Photorefractive Keratectomy for Postkeratoplasty Astigmatism: Long-Term Outcomes. *Cornea.* 2021;40(1):78-87. doi:10.1097/ICO.0000000000002403
77. Mohebi M, Masoumi A, Abdi P, Fakhredin H, Raeisi S, Ghanbari H. Assessing the Relationship between Graft-Host Junction Profile and Corneal Astigmatism and Higher-Order Aberrations in Postpenetrating Keratoplasty Eyes. *J Curr Ophthalmol.* 2024;36(2):152-158. doi:10.4103/joco.joco_138_23
78. Nassar GA, Arfeen SAES. Correlation between the graft-host junction of penetrating keratoplasty by anterior segment-optical coherence tomography and the magnitude of postoperative astigmatism. *Indian J Ophthalmol.* 2017;65(7):574-578. doi:10.4103/ijo.IJO_820_16
79. Pasquali T, Krueger R. Topography-guided laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2012;23(4):264-268. doi:10.1097/ICU.0b013e328354adf0
80. Abelson MB, Collin HB, Gillette TE, Dohlman CH. Recurrent Keratoconus After Keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 1980;90(5):672-676. doi:10.1016/S0002-9394(14)75135-9
81. Miura M, Leon P, Nahum Y, et al. Recurrent Keratoconus: Corneal Transplants for Keratoconus Develop Tomographic Ectatic Changes. *Cornea.* 2023;42(6):708-713. doi:10.1097/ICO.0000000000003149
82. Yoshida J, Murata H, Miyai T, et al. Characteristics and risk factors of recurrent keratoconus over the long term after penetrating keratoplasty. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology.* 2018;256(12):2377-2383. doi:10.1007/s00417-018-4131-5
83. Yüksel B, Küsbeci T, Gümüş F. Late corneal ectasia after penetrating and deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Int J Ophthalmol.* 2024;17(10):1828-1836. doi:10.18240/ijo.2024.10.08

84. Lim L. Late onset post-keratoplasty astigmatism in patients with keratoconus. *British Journal of Ophthalmology*. 2004;88(3):371-376. doi:10.1136/bjo.2003.027037
85. Patel S V, Malta JB, Banitt MR, et al. Recurrent ectasia in corneal grafts and outcomes of repeat keratoplasty for keratoconus. *British Journal of Ophthalmology*. 2009;93(2):191-197. doi:10.1136/bjo.2008.142117
86. Jhanji V, Chan E, Nambiar M, Vajpayee RB. Morphology of Graft–Host Junction in Cases With Postkeratoplasty Corneal Ectasia. *Cornea*. 2013;32(7):1031-1033. doi:10.1097/ICO.0b013e318281af60
87. Weller JM, Hübner L, Kruse FE, Tourtas T. Characterisation of ectasia after penetrating keratoplasty in keratoconus eyes using anterior segment optical coherence tomography. *British Journal of Ophthalmology*. Published online March 20, 2023:bjo-2022-322859. doi:10.1136/bjo-2022-322859
88. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, González-Méijome JM. The Thinnest, Steepest, and Maximum Elevation Corneal Locations in Noncontact and Contact Lens Wearers in Keratoconus. *Cornea*. 2013;32(3):332-337. doi:10.1097/ICO.0b013e318259c98a
89. Richoz O, Schutz JS, Pajic B, Coskunseven E, Hafezi F. Crosslinking for Recurrent Keratoconus. *Ophthalmology*. 2012;119(4):878-878.e2. doi:10.1016/j.ophtha.2011.11.007
90. Bonacci E, Fasolo A, Ventura MC, Romano V, Vinciguerra R, Pedrotti E. Long-term Results of Corneal Cross-linking for Recurrence of Keratoconus After Keratoplasty. *Journal of Refractive Surgery*. 2025;41(10). doi:10.3928/1081597X-20250805-02
91. Kapelushnik N, Avni-Zauberman N, Herber R, et al. Corneal cross-linking for treatment of keratoconus relapse in post-keratoplasty eyes. *Int Ophthalmol*. 2023;43(11):4027-4034. doi:10.1007/s10792-023-02807-x
92. Rees GB. Vision standards for driving: what ophthalmologists need to know. *Eye*. 2015;29(6):719-720. doi:10.1038/eye.2015.38
93. Yan MK, Kumar H, Kerr N, et al. Transnational review of visual standards for driving: How Australia compares with the rest of the

- world. *Clin Exp Ophthalmol.* 2019;47(7):847-863. doi:10.1111/ceo.13572
94. Yoshida K, Tazawa Y, Demong TT. Refractive results of post penetrating keratoplasty photorefractive keratectomy. *Ophthalmic Surg Lasers.* 1999;30(5):354-359.
 95. Bandeira e Silva F, Hazarbassanov RM, Martines E, Güell JL, Hofling-Lima AL. Visual Outcomes and Aberrometric Changes With Topography-Guided Photorefractive Keratectomy Treatment of Irregular Astigmatism After Penetrating Keratoplasty. *Cornea.* 2018;37(3):283-289. doi:10.1097/ICO.0000000000001474
 96. Hjortdal JØ, Ehlers N. Treatment of post-keratoplasty astigmatism by topography supported customized laser ablation. *Acta Ophthalmol Scand.* 2001;79(4):376-380. doi:10.1034/j.1600-0420.2001.079004376.x

8. ÖZET

KERATOKONUS HASTALARINDA KERATOPLASTİ SONRASI GELİŞEN ASTİGMATİZMADA TOPOGRAFI YARDIMLI PRK: YÖNETİM, HASTA SEÇİMİ VE SONUÇLAR

Amaç: Keratoplasti sonrası gelişen astigmatizmanın iki ana kaynağı olan ektazi ve irregüler astigmatın klinik ve tomografik olarak ayırt edilmesi, PRK uygunluğunun değerlendirilmesi, ektazi gelişmiş hastalarda preoperatif risk faktörlerinin belirlenmesi ve ektazi saptanmayan, PRK yapılan hastaların görsel ve tomografik sonuçlarının analiz edilmesi hedeflendi. Böylece nüks KK gelişiminin öngörülebilmesi ve önlenmesi ayrıca nakil sonrası gelişen astigmatın kaynağının belirlenmesi ve görsel rehabilitasyonun sağlanması amacıyla bu çalışma tasarlandı.

Gereç ve Yöntem: 2012-2022 yılları arasında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalında, KK tanısı ile penetran keratoplasti (PK) ve derin anterior lameller keratoplasti (DALK) uygulanan ve postoperatif dönemde yüksek astigmatizması olan, gözlük veya kontakt lens ile görsel rehabilitasyon sağlanamayan, korneal tomografi kalite indisi değerleri %90 üzerinde olan, nakil sonrası en az 3 yıl ve sütür alınma sonrası en az 1 yıl takip edilen, lazer uygulananlarda postoperatif en az 1 yıl takip edilen, 18 yaş üstü, greft rejeksiyonu, keratit öyküsü olmayan hastalar çalışmaya dahil edildi. Pakimetride parasantral asimetrik incelleme ve biyomikroskopik muayenede bombeleşme incelleme izlenen hastalar ektazi gelişmiş olarak değerlendirildi ve ektazi grubu olarak isimlendirildi, ektazi saptanmayıp PRK uygulananlar ise lazer grubu olarak

isimlendirildi. Hastaların demografik verileri, preoperatif ve postoperatif en iyi düzeltilmiş görme keskinlikleri ve korneal çapraz bağlama (KÇB) yapılmış olma durumu, nakil öncesinde 7 ve 8 mm zonlardaki periferik korneal kalınlıkları incelendi. Cerrahi ilişkili faktörler olarak alıcı yatak ve donör greft çapı incelendi. Ayrıca PRK yapılan hastalarda nakil ile PRK arasında geçen süre, PRK öncesi ve PRK sonrası 1.ay, 3.ay, 12.ay ve final düzeltilmemiş görme keskinliği (DGK) (logMAR), en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) (logMAR), refraksiyonun sferik ve silindirik değerleri, sferik eşdeğer (SE), keratometrik değerler (K1, K2, Kmax, Kort), epitel kalınlıkları, topografik keratometrik astigmat, santral kornea kalınlığı (SKK), en ince kornea kalınlığı (EİKK), korneal aberasyon parametreleri (yüksek sıralı, koma ve sferik aberasyonlar) ve korneal haze seviyesi incelemeye dahil edildi.

Bulgular: 25 DALK, 15 PK uygulanan toplam 40 hastanın 40 gözü çalışmaya dahil edildi. 20 hastada ektazi (%95 korneanın alt yarısında) tespit edildiği için PRK uygulanmadı, diğer 20 hastada ektazi saptanmadığı için PRK uygulandı. KÇB öyküsünün ektazi grubunda lazer grubuna kıyasla daha az olduğu saptandı ($p=0,008$). Yapılan lojistik regresyon analizinde KÇB öyküsünün nakil sonrası ektaziye karşı 19 kat koruyucu olduğu tespit edildi. Nakil öncesi pakimetrik değerlerden 7 ve 8 mm zonlardaki korneal kalınlık değerlerinin ektazi grubunda lazer grubuna göre daha düşük olduğu saptandı (tüm ve subgroup analizinde $p<0,001$). Yapılan ROC analizinde 7 mm için 540 μm ve 8 mm için 580 μm cut-off olarak belirlendi. Konus alanında bu zonlarda korneal kalınlık belirtilen değerlerin altında ise ektazi açısından yüksek riskli olduğu görüldü. Küçük alıcı yatak çapı

($7,35\pm0,28$ 'e karşı $7,55\pm0,21$) ve donör kornea çapı ($7,66\pm0,20$ 'e karşı $7,81\pm0,19$) nüks görülen grupta daha küçüktü (sırasıyla $p=0,019$ $p=0,013$). 14 DALK ve 6 PPK olmak üzere PRK uygulanan 20 hasta postoperatif ortalama $30,85 (\pm18,60)$ ay takip edildi. Ortalama DGK ve EİDGK preoperatif sırasıyla $1,02\pm0,38$ ve $0,41\pm0,43$ logMAR iken postoperatif sırasıyla $0,36\pm0,29$ ve $0,22\pm0,24$ logMAR olmuştur. ($p<0,01$) Hiçbir hastada PRK sonrası DGK ve EİDGK açısından sıra kaybı izlenmedi, ortalama satır kazanımı sırasıyla $6,47\pm3,74$ ve $1,89\pm3,46$ snellen satırı idi. Preoperatif hiçbir hasta 20/40 ve üzeri DGK'ya sahip değil iken postop 9 hasta (%45) 20/40 ve üzeri DGK'ya sahipti. Ortalama sferik eşdeğerler preoperatif $-2,60 \pm 2,82$ D iken postoperatif $-0,35\pm1,30$ D olmuştur. ($p<0,001$) Refraksiyondaki astigmatizma $-4,43\pm1,88$ D'den $-1,69\pm1,09$ D'ye; keratometrik astigmatizma ise $-5,31\pm2,24$ D'den $-2,26\pm1,51$ D'ye azalmıştır. ($p<0,001$) Yüksek sıralı aberasyon, koma ve sferik aberasyon değerlerinin hepsinde anlamlı düzeyde iyileşme izlenmiştir. ($p<0,001$)

Tartışma ve Sonuç: Keratoplasti sonrası astigmatizmanın kaynağını doğru sınıflamak (ektazi vs irregüler astigmatizma) yönetim stratejisini belirlemektedir. Ektazi gelişimi açısından preoperatif KÇB öyküsü koruyucu bir belirteç olarak öne çıkmış olup preoperatif periferik pakimetrik değerlendirmeler sonucu yüksek riskli görülen hastalarda preoperatif KÇB uygulanması ve nakilde geniş greft çapı tercih edilebilir. Uygun seçilmiş olgularda topografi rehberli PRK, keratoplasti sonrası düzensiz astigmatizmanın tedavisinde etkili, öngörülebilir ve güvenli bir yöntemdir.

Anahtar kelimeler: Nüks keratokonus, derin ön lameller keratoplasti, penetran keratoplasti, topografi rehberli PRK, keratoplasti sonrası ektazi

9. SUMMARY

TOPOGRAPHY-GUIDED PRK FOR POST-KERATOPLASTY ASTIGMATISM IN KERATOCONUS PATIENTS: MANAGEMENT, PATIENT SELECTION AND OUTCOMES

Objective: This study aimed to clinically and tomographically differentiate ectasia and irregular astigmatism, the two main causes of post-keratoplasty astigmatism; to evaluate the suitability for topography-guided photorefractive keratectomy (PRK); to identify preoperative risk factors in patients who developed ectasia; and to analyze the visual and tomographic outcomes of patients who underwent PRK without evidence of ectasia. By this approach, early prediction and prevention of recurrent keratoconus, determination of the source of post-keratoplasty astigmatism, and optimization of visual rehabilitation were targeted.

Materials and Methods: Between 2012 and 2022, patients who underwent penetrating keratoplasty (PK) or deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) for keratoconus at Gazi University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology were retrospectively reviewed. Inclusion criteria were high postoperative astigmatism refractory to spectacles or contact lenses, corneal tomography quality index >90%, minimum 3-year follow-up after keratoplasty, minimum 1-year follow-up after suture removal, and minimum 1-year follow-up after PRK. Patients were ≥ 18 years old and had no history of graft rejection or

keratitis. Patients showing paracentral asymmetric thinning on pachymetry and protrusion with thinning on slit-lamp examination were classified as the ectasia group, while those without ectasia who underwent PRK constituted the laser group. Demographic data, best-corrected visual acuity, corneal cross-linking (CXL) history, and peripheral corneal thickness at the 7- and 8-mm zones were recorded. Recipient bed and donor graft diameters were evaluated as surgical factors. In PRK patients, the interval between keratoplasty and PRK; uncorrected and best-corrected visual acuity (logMAR), spherical and cylindrical refraction, spherical equivalent, keratometric values (K1, K2, Kmax, Kmean), epithelial thickness, topographic astigmatism, central and thinnest corneal thickness, corneal aberrations (higher-order, coma, spherical), and corneal haze were assessed preoperatively and at postoperative 1, 3, and 12 months and at the final visit.

Results: Forty eyes of 40 patients (25 DALK, 15 PK) were included. Ectasia was detected in 20 eyes (95% located in the inferior cornea), and PRK was not performed in these cases, while the remaining 20 eyes underwent PRK. A history of CXL was significantly less frequent in the ectasia group compared with the laser group ($p=0.008$). Logistic regression analysis demonstrated that CXL was a strong protective factor against post-keratoplasty ectasia, reducing the risk by approximately 19-fold. Peripheral corneal thickness at the 7- and 8-mm zones was significantly lower in the ectasia group ($p<0.001$). ROC analysis identified cut-off values of 540 μm for the 7-mm zone and 580 μm for the 8-mm zone, below which the risk of ectasia was markedly increased. Smaller recipient bed and donor graft diameters were significantly associated with recurrence ($p=0.019$ and

$p=0.013$, respectively). Twenty PRK-treated patients (14 DALK, 6 PK) were followed for a mean of 30.85 ± 18.60 months. Mean UCVA and BCVA improved from 1.02 ± 0.38 and 0.41 ± 0.43 logMAR preoperatively to 0.36 ± 0.29 and 0.22 ± 0.24 logMAR postoperatively ($p<0.01$). No patient experienced a loss of lines in UCVA or BCVA after PRK, and the mean line gain was 6.47 ± 3.74 and 1.89 ± 3.46 Snellen lines, respectively. While no patient had a UCVA of 20/40 or better preoperatively, 9 patients (45%) achieved a UCVA of 20/40 or better postoperatively. The mean spherical equivalent improved from -2.60 ± 2.82 D to -0.35 ± 1.30 D ($p<0.001$). Refractive astigmatism decreased from -4.43 ± 1.88 D to -1.69 ± 1.09 D, and keratometric astigmatism decreased from -5.31 ± 2.24 D to -2.26 ± 1.51 D ($p<0.001$). Higher-order, coma, and spherical aberrations values showed statistically significant improvement ($p<0.001$).

Discussion and Conclusion: Correctly classifying the source of post-keratoplasty astigmatism (ectasia versus irregular astigmatism) is essential for appropriate management. Preoperative CXL history and peripheral pachymetric parameters are strong predictors of ectasia development. A history of preoperative CXL emerged as a protective marker against ectasia development, and in patients considered high-risk based on preoperative peripheral pachymetric evaluation, preoperative CXL and the use of larger graft diameters may be preferred. In selected patients, topography-guided PRK is an effective, predictable, and safe method for visual rehabilitation after keratoplasty.

Keywords: Recurrent keratoconus, post-keratoplasty ectasia, deep anterior lamellar keratoplasty, penetrating keratoplasty, topography-guided PRK

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı: Veli Cihan

Soyadı: YAVUZ

Doğum yeri ve tarihi: xxxxxx

Eğitimi

İhtisas eğitimi: Gazi Üniversitesi Göz Hastalıkları AD

Üniversite: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi

Lise: Suşehri Fen Lisesi

Yabancı Dil: İngilizce

Üyelikleri: Türk Oftalmoloji Derneği

Bilimsel Etkinlikleri:

11. EKLER

