



Keratoprotez Cerrahisinde Karar Verme: Karmaşık Olgularda Cihaz Seçimi

Decision-Making in Keratoprosthesis: Navigating Device Selection in Complex Ocular Scenarios

Shweta Agarwal¹, Varsha Bhambhani¹, Mugundhan Rajarajan¹, James Chodosh²

¹CJ Shah Kornea Kliniği, Tıbbi Araştırma Vakfı, Sankara Nethralaya, Chennai, Hindistan

²New Mexico Üniversitesi Tıp Fakültesi, Albuquerque, New Mexico, ABD

Öz

Keratoprotez (KPro) implantasyonu, özellikle konvansiyonel kornea naklinin artık yapılabilir olmadığı son dönem bilateral kornea körlüğü olan hastalarda görme rehabilitasyonu için son çaredir. Biyomalzemelerdeki ilerlemeler ve protez tasarımındaki gelişmeler anatomik koruma ve görme sonuçlarında anlamlı iyileşmeye neden olmuştur. Mevcut tipler arasında, Boston tip 1 ve 2 cihazları ve modifiye osteo-odonto-KPro en yaygın kullanılanlar olmaya devam etmektedir. Bu derlemede, en yaygın kullanılan KPro cihazlarının tasarım özellikleri, cerrahi değerlendirme ve ameliyat sonrası bakım protokolleri derinlemesine incelenerek klinik karar vermeye yardımcı olunması amaçlanmıştır. Ek olarak; oküler yüzeyin durumu, göz kapağı anatomisi, gözyaşı filmi fonksiyonu, altta yatan sistemik veya otoimmün hastalıklar ile hastaya ait lojistik ve sosyoekonomik kaygılar gibi çok çeşitli faktörler tartışılmıştır. Preoperatif değerlendirme ve danışmanlığın önemine ve uzun dönem başarılı sonuçlara ulaşmada multidisipliner bir yaklaşımın rolüne özel vurgu yapılmaktadır. Mevcut kanıtlara ve klinik deneyime dayanarak, göz hekimlerinin bireysel hasta profiline göre uyarlanmış en uygun KPro cihazını seçmelerine yardımcı olmak için pratik bir karar verme algoritması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Keratoprotez, Boston tip 1, modifiye osteo-odonto-keratoprotez, MOOKP, Boston tip 2, tibial keratoprotez

Abstract

Keratoprosthesis (KPro) implantation serves as a last resort for visual rehabilitation in patients with end-stage bilateral corneal blindness, particularly when conventional corneal transplantation is no longer viable. Advances in biomaterials and refinements in prosthetic design have significantly enhanced anatomical retention and visual outcomes. Among the various types available, the Boston type 1 and 2 devices and the modified osteo-odonto-KPro remain the most widely utilized globally. This review aims to support comprehensive clinical decision-making by providing an in-depth overview of the design characteristics, surgical considerations, and postoperative care protocols associated with the most widely used KPro devices. In addition, we discuss a broad range of influencing factors, including the status of the ocular surface, eyelid anatomy, tear film adequacy, underlying systemic or autoimmune diseases, and patient-related logistical and socioeconomic concerns. Special emphasis is placed on the importance of preoperative evaluation and counselling and the role of a multidisciplinary approach in achieving successful long-term outcomes. Drawing on current evidence and clinical experience, we propose a practical decision-making algorithm to aid ophthalmologists in selecting the most appropriate KPro tailored to individual patient profiles.

Keywords: Keratoprosthesis, Boston type 1, modified osteo-odonto-keratoprosthesis, MOOKP, Boston type 2, tibial keratoprosthesis

Giriş

Keratoprotez (KPro), özellikle konvansiyonel penetran keratoplasti ile başarısızlık riski yüksek olduğunda, bilateral kornea körlüğü olan son dönem oküler yüzey bozukluklarında görme rehabilitasyonu için son çare olarak kabul edilmektedir. Pellier de Quengsy, ilk olarak gümüş kenarlı dışbüyücek bir cam plakadan oluşan KPro'yu geliştirmiştir. Erken sonuçlar yüz güldürücü olmasa ve KPro'ya olan ilgi azalsa da, biyouyumlu bir materyal olarak polimetil metakrilatın (PMMA) keşfi ile KPro'lar yeniden geliştirilmeye başlanmıştır.^{1,2}

Kullanım endikasyonuna dayalı olarak genel hatlarıyla KPro'lar tip 1 veya 2 olarak sınıflandırılır; cihaz seçimi altta yatan etiyolojiye, preoküler gözyaşı filminin yeterliliğine, göz kapağı fonksiyonuna, alıcının genel sağlığına, cerrahın spesifik uzmanlığına ve ayrıca KPro'nun temin edilebilmesine bağlıdır. KPro cerrahisinde karar verme süreci, nihai sonuçta kritik bir faktördür. Otoimmün bozukluklarda tip 1 KPro ile prognoz genellikle tip 2'ye göre daha az olumludur ve bu nedenle tipik olarak önerilmez.^{3,4} Uygun KPro tipini seçmek, mümkün olan en iyi prognozu ve klinik sonucu elde etmek için gereklidir.

Cite this article as: Agarwal S, Bhambhani V, Rajarajan M, Chodosh J. Decision-Making in Keratoprosthesis: Navigating Device Selection in Complex Ocular Scenarios. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:341-349

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Shweta Agarwal, CJ Shah Kornea Kliniği, Tıbbi Araştırma Vakfı, Sankara Nethralaya, Chennai, Hindistan
E-posta: doctorshwetaa@gmail.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0002-7903-9500

Geliş Tarihi/Received: 15.07.2025
Revizyon Talebi/Revision Requested: 18.09.2025
Son Revizyon Alınma/Last Revision Received: 20.11.2025
Kabul Tarihi/Accepted: 23.11.2025
Yayın Tarihi/Publication Date: 25.12.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.33802

Bu makale; yaygın olarak kullanılan ve temin edilebilen KPro'ların temel tasarım özelliklerini, oküler ve sistemik hastalıkların değerlendirilmesini ve diğer ilgili faktörleri özetleyerek farklı senaryolarda klinik karar vermeyi desteklemeyi amaçlamaktadır.

Keratoprotez Cihazları ve Cerrahi Teknik

KPro cihazları tasarım, malzeme ve endikasyon açısından farklılık gösterir. Yaygın olarak kullanılan tipler arasında Boston tip 1 ve 2, modifiye osteo-odonto-KPro (MOOKP) ve osteo/tibial kemik KPro (TKK) yer almaktadır (Şekil 1). Her cihaz, oküler yüzeyin durumuna bağlı olarak özel bir cerrahi yaklaşım gerektirir (Tablo 1).

Tip 1 Keratoprotez

Boston tip 1 KPro (Massachusetts Eye and Ear, Boston, MA, ABD) PMMA'dan yapılmış merkezi optiğe (3,5-3,7 mm) sahip bir ön plaka (5 mm) ve cihazı yerinde tutarak aköz hümanın kornea greftine ulaşmasını sağlayan PMMA veya titanyumdan yapılmış delikli (fenestre) bir arka plaka olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Ön ve arka plakanın arasına yerleştirilen bir kornea grefti ile cihazın alıcıya implantasyonu mümkün olur. Hem afak hem de psödo-fakik versiyonları mevcuttur. Afak versiyon gözün aksiyel uzunluğuna göre seçilirken, psödo-fakik versiyon standart bir konfigürasyonda gelir.^{5,6}

Auro ve Lucia tip 1 KPro'lar, Boston tip 1 KPro'nun modifiye edilmiş versiyonlarıdır. Aurolab KPro (Aurolab KPro; Aurolab, Madurai, Hindistan), titanyum kilitleme halkası ile sabitlenmiş bir PMMA optik ve arka plakadan oluşur ve

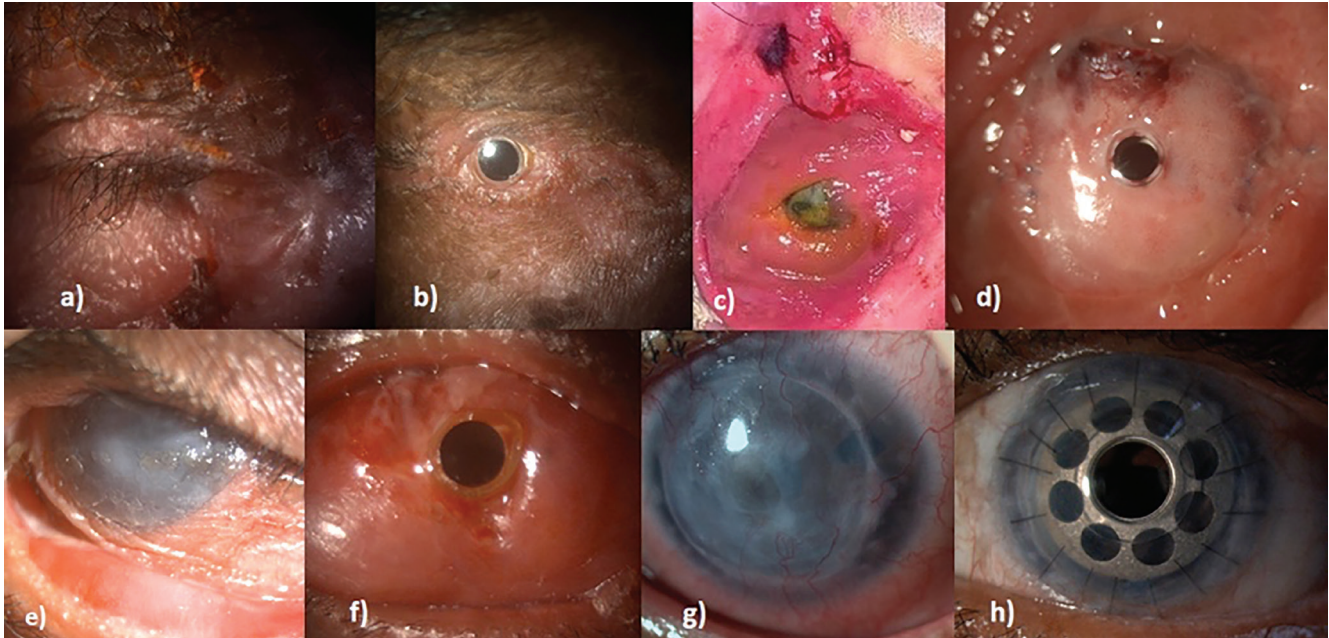
Boston KPro'nun tasarımına oldukça benzerdir. Boston KPro gibi, Aurolab KPro'nun da hem afak hem de psödo-fakik versiyonları mevcuttur.⁷ Lucia KPro (Massachusetts Eye and Ear, Boston, MA, ABD), PMMA optikli bir titanyum arka plaka ve ön plakaya sahiptir; üretim maliyetlerini düşürmek ve satın alınabilirliği artırmak için tek bir aksiyel uzunluğa sahip olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 2).⁸

Kornea donör greftinin etrafına monte edildikten sonra, cerrahi adımlar tüm bu Boston KPro modifikasyonları için aynıdır ve tam kat penetran keratoplastide olduğu gibi monte edilen cihazın ve kornea greftinin sütüre edilmesi gerekmektedir (Şekil 3). Kurumayı önlemek için ameliyatın sonunda KPro üzerine bir bandaj kontakt lens yerleştirilir ve kontakt lensin türüne ve alıcının gözyaşı filminin kalitesine göre belirlenen bir programa uygun olarak (genellikle 2-3 ayda bir) değiştirilir.

Cerrahi, oküler yüzey cerrahileri ile ilgili güncel cerrahi videolarda gösterildiği şekilde gerçekleştirilir.⁹

Tip 2 Keratoprotez

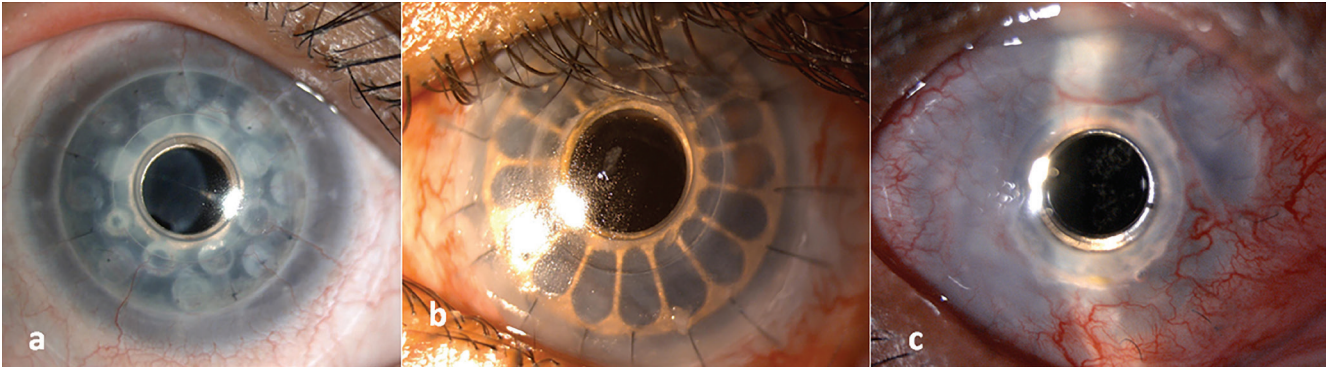
Boston tip 2 KPro (Massachusetts Eye and Ear, Boston, MA, ABD), tip 1 Boston KPro ile benzer bir tasarıma sahiptir. Temel fark, optik gövdenin 2 mm daha uzun olması ve cerrahi olarak birleştirilen göz kapakları veya oral mukoza greftinden öne doğru çıkmasıdır.¹⁰ Tüm oküler yüzey epiteli tamamen çıkarılır ve aynı seansta implante edilir. Genellikle tam vitrektomi ve glokom valf implantasyonu ile kombine edilir. Göz kapakları skarlaşma nedeniyle retrakte olmuşsa veya travma nedeniyle kaybedilmişse, oral mukoza grefti yoluyla implante edilebilir. Bu durumda KPro implantasyonundan önce mukozanın sağlam



Şekil 1. Alta yatan oküler yüzey ve adneksiyal sorunlara göre belirlenmiş farklı keratoprotezlerin kullanımı gösteren temsili klinik görüntüler. a, b) Kimyasal yanığı takiben total ankiloblefaron gelişen bir hastada göz kapağından geçirilen Boston tip 2 keratoprotez. c, d) Termal yanığı takiben göz kapakları olmayan ve belirgin yüz yanıkları olan bir hastada mukoza kullanılarak yapılan Boston tip 2 keratoprotez. e, f) Kuru keratinize oküler yüzeye sahip Stevens-Johnson sendromlu bir hastada yapılan osteo-odonto-keratoprotez. g, h) Birden çok kez grefti başarısız olmuş bir hastada Lucia tip 1 keratoprotez

Tablo 1. Yaygın olarak kullanılan keratoprotezlere genel bakış: tasarım özellikleri, endikasyonlar ve cerrahi teknikler				
Keratoprotez ^{kaynak}	Bileşim	Endikasyonlar	Islak/ kuru göz*	Cerrahi teknik
Boston tip 1 ⁶	Sert PMMA ön plaka ve optik gövde, donör kornea grefti ve delikli titanyum veya PMMA arka plaka. Afak ve psödotakik versiyonları mevcut	- Çok sayıda başarısız greft - Herpetik keratit - Silikon yağı ile doldurulmuş gözler - Kimyasal/termal yaralanma sonrası - Aniridi	Islak	PK'ya benzer tek aşamalı cerrahi
Aurolab tip 1 ⁷	Boston 1 ile aynı (sadece PMMA arka plaka) ve bir kilitleme halkası var	Boston 1 ile aynı	Islak	PK'ya benzer tek aşamalı cerrahi
Lucia tip 1 ⁸	Boston 1 ile aynı ancak arka plaka titanyum. Tek aksiyel uzunluğu olan afakik cihaz olarak mevcuttur	Boston 1 ile aynı	Islak	PK'ya benzer tek aşamalı cerrahi
Boston tip 2 ⁹	Boston 1 ile aynı ancak optik gövdesi daha uzun	- Otoimmün hastalıklar (SJS, OSP) - Şiddetli kimyasal/termal yanıklar	Kuru	PK'ya benzer tek aşamalı cerrahi; konjonktival epitel tamamen çıkarılır ve optik için merkezi bir açıklık bırakılarak tarsorafi yapılır
MOOKP ¹¹	Merkezi PMMA optikli osteo-odonto-akrilik lamina	- Otoimmün hastalıklar (SJS, OSP) - Şiddetli kimyasal/termal yanıklar	Kuru	2/3 aşamalı cerrahi Aşama 1A: iris eksizyonu + lens krioelektroksizyonu + ön vitrektomi +/- tektonik PK Aşama 1B+C: Bukkal mukoza göz üzerine sabitlenir ve OOAL kompleksi hazırlanarak deri altı cebe yerleştirilir Aşama 2: OOAL göze yerleştirilir
TKK ¹⁴	Haptik bölümü tibia kemiğinden yapılan merkezi PMMA optikli keratoprotez	- Otoimmün hastalıklar (SJS, OSP) - Şiddetli kimyasal/termal yanıklar	Kuru	MOOKP'ye benzer, ancak köpek dişi yerine tibia kemiği kullanılır

*Schirmer >5 mm olması ıslak göz olarak tanımlanır. PMMA: Polimetil metakrilat, SJS: Stevens-Johnson sendromu, OSP: Oküler sikatriyel pemfigoid, PK: Penetrant keratoplasti, OOAL: Osteo-odonto akrilik lamina, MOOKP: Modifiye osteo-odonto-keratoprotez, TKK: Tibial kemik keratoprotezi



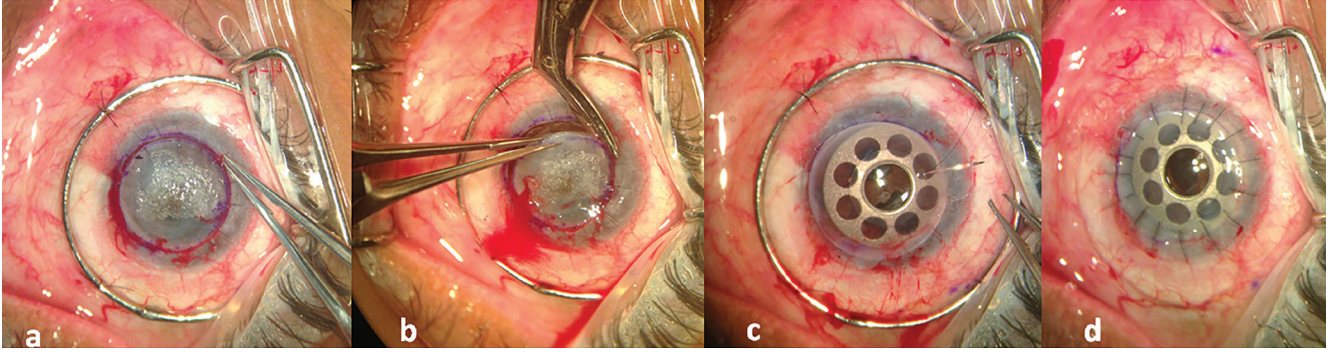
Şekil 2. Tip 1 keratoprotezin 3 farklı versiyonunu gösteren biyomikroskopik görüntüler. a) Boston, b) Lucia, c) Auro

ve sağlıklı olması gerekir. İlk aşamada, bukkal mukoza alınır ve cerrahi olarak de-epitelize edilmiş oküler yüzey üzerine örtülür; ardından mukozanın sağlam ve iyi vaskülarize olduğu doğrulandıktan aylar sonra KPro implantasyonu yapılır. KPro implantasyonu için mukoza ekarte edilir ve KPro sabitlendikten sonra, cerrah tarafından oluşturulan bir açıklıktan optik kısım dışarı çıkacak şekilde mukoza tekrar sütüre edilir (Şekil 4).¹¹

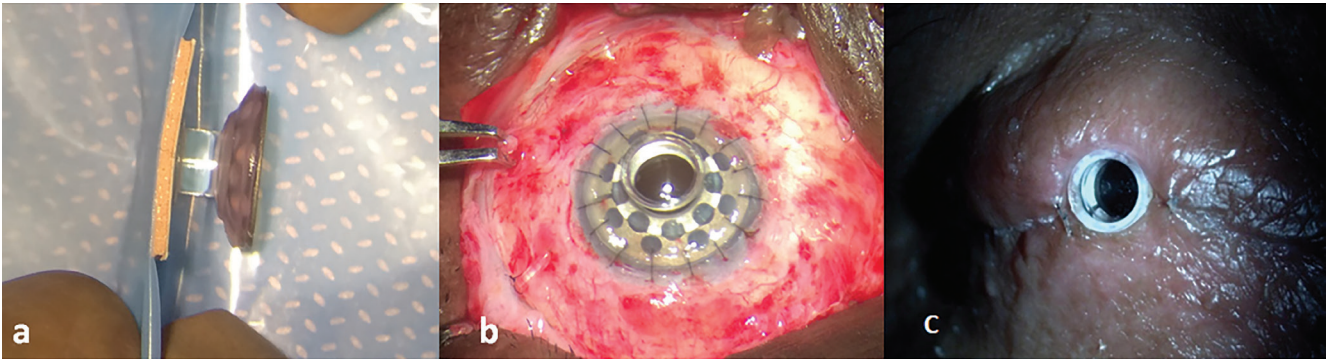
Cerrahi, oküler yüzey cerrahileri ile ilgili güncel cerrahi videolarda gösterildiği şekilde gerçekleştirilir.⁹

Modifiye Osteo-Odonto-Keratoprotez

Osteo-odonto-KPro ilk olarak Strampelli tarafından tasarlanmış ve daha sonra Falcinelli tarafından modifiye edilmiştir (MOOKP).¹² MOOKP'de ön segment; epikorneal diş



Şekil 3. Kimyasal yaralanmayı takiben total limbal kök hücre yetmezliği gelişen afakik bir göze yapılan tip 1 keratoprotez (KPro) cerrahisinin basamakları. a) Flieringa halkası sabitlenir ve alıcı yatak 8/8,5 mm trefin ile işaretlenir. b) KPro yerleştirildikten sonra alıcı kornea dikkatli bir şekilde eksizye edilir. c) Takılan KPro, 16 adet tekli 9-0 naylon sütür kullanılarak sabitlenir. d) Sütürler daha sonra gömülür ve 16 mm bandaj kontakt lens yerleştirilir



Şekil 4. Stevens-Johnson sendromu nedeniyle total limbal kök hücre yetmezliği gelişen bir göze yapılan Boston tip 2 keratoprotez (KPro) cerrahisinin basamakları. a) Birleştirilmiş Boston tip 2 KPro. b) KPro, 16 adet tekli 9-0 naylon sütürle sabitlenir; tam vitrektomiden sonra Ahmed glokom valvi pars plana tüpü süperotemporal olarak yerleştirilir; konjonktiva bulber, palpebral ve tarsal yüzeylerden eksizye edilir. c) Göz kapakları daha sonra optik kısım merkezden dışarı çıkacak şekilde 2 kat halinde dikilir

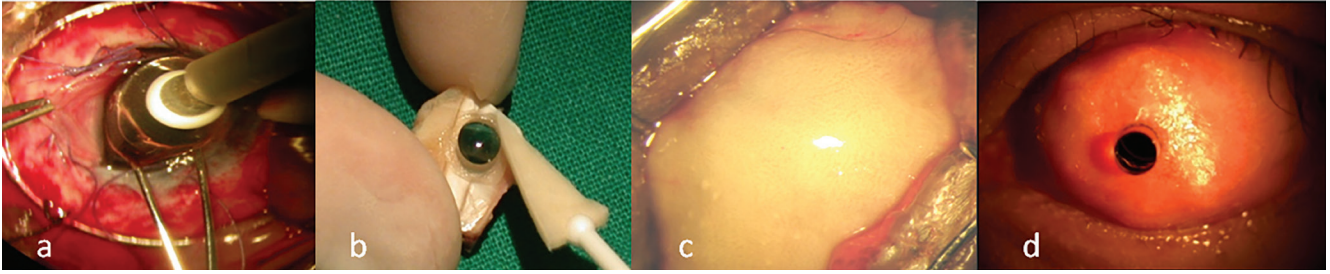
kökü alveolar kompleksi, bir mukoza grefti ve dişe açılan bir delikten geçirilen merkezi PMMA optik silindir kullanılarak rekonstrükte edilir. Tek köklü bir diş (tercihen köpek dişi) alınır, bir lamina şeklinde hazırlanır ve merkezi olarak delinir; daha sonra PMMA optik merkeze yapıştırılır. MOOKP tipik olarak Roma-Viyana protokolü takip edilerek 2 veya 3 aşamada gerçekleştirilir.^{12,13} Aşama 1A'da göz; iris eksizyonu, lens kriyoelektroksizyonu ve sınırlı ön vitrektomi ile hazırlanır. Tektonik penetran keratoplasti sadece belirgin kornea inceliği varsa yapılır. Yaklaşık bir ay sonra, Aşama 1B ve C'de bir maksiller köpek dişi alınır, bir lamina şeklinde biçimlendirilir ve optik silindiri içine gömülür. Bu kompleks, fibrovasküler büyümeyi sağlamak için yanakta subkütan bir cep oluşturularak içine yerleştirilir. Eş zamanlı olarak bukkal mukoza (~3 cm) alınır, oküler yüzeye greftlenir ve dört rektus kasına sabitlenir. İkinci aşama, 2-3 ay sonra gerçekleştirilir: Lamina çıkarılır, optik silindiri yerleştirmek için kornea trefine edilir ve lamina episkleraya sütüre edilerek yerine sabitlenir. Oral mukoza, optik silindiri ortaya çıkarmak için merkezi bir delik açılarak implant üzerinde yeniden konumlandırılır (Şekil 5).^{13,14} Her aşamada yapılan cerrahi adımlar, oküler yüzey cerrahileri ile ilgili güncel cerrahi videolarda gösterildiği şekilde gerçekleştirilir.⁹

Tibial/Osteo-Keratoprotez

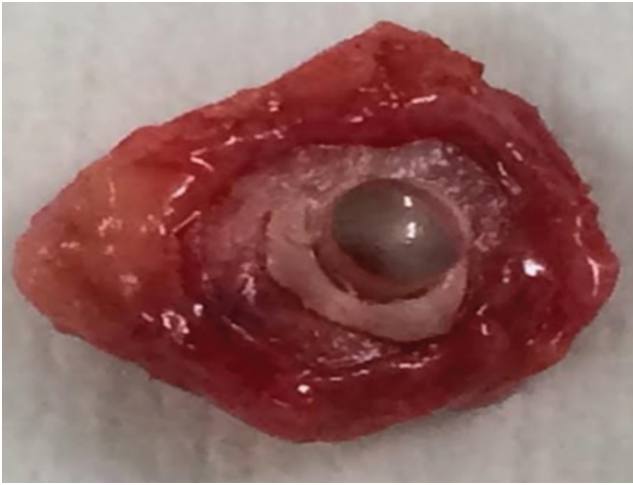
1987'de Temprano, dişleri olmayan hastalarda KPro için tibial kemik kaynaklı osteo-lamina kullanımını tanımlamıştır. Köpek dişi-kemik kompleksi yerine, bu teknikte tibianın üst iç üçte birlik kısmından yuvarlak bir lamina alınır. PMMA optik silindiri laminadaki deliğe yerleştirilir ve biyo-entegrasyona izin vermek için yaklaşık üç ay boyunca alt orbitada deri altı bir cebe implante edilir (Şekil 6). İkinci aşamada, entegre kompleks çıkarılır, bukkal mukoza kaldırılır ve merkezi kornea trefinasyonunun ve (aşama 1A'da yapılmadıysa) iris ve lensin çıkarılmasının ardından, lamina optik kısım korneadan geçecek şekilde kornea yüzeyine implante edilir. Bukkal mukoza daha sonra MOOKP'de olduğu gibi optik üzerinde yeniden konumlandırılır.¹⁵

Moskova Göz Mikrocerrahi Kompleksi

Moskova Göz Mikrocerrahi Kompleksi (MICO KPro) iki aşamalı bir implantasyondur. İlk aşamada, merkezi bir halkaya sahip titanyum çerçeve, kornea stroması içinde oluşturulan lameller bir cebe gömülür. Üç ay sonra, halka içindeki kornea trefine edilir ve PMMA optiği ön kamaraya uzanacak şekilde yerleştirilir. İris ve lensin çıkarılması için pars plana vitrektomi yapılır.¹⁶



Şekil 5. Stevens-Johnson sendromu nedeniyle bir hastada yapılan modifiye osteo-odonto-keratoprotez cerrahisinin basamakları. a) Aşama 1A: İntrakapsüler katarakt ekstraksiyonu, tam iridektomi ve sınırlı ön vitrektominin yanı sıra gerekirse tektonik keratoplasti yapılır. Optik sinir ve makulayı değerlendirmek için intraoperatif arka segment değerlendirmesi yapılır. b, c) Aşama 1B (~2 ay sonra): Köpek dişi alınır, bir lamina şeklinde hazırlanır ve fibrovasküler örtü gelişmesi için yanağa implante edilir. Eş zamanlı olarak oküler yüzey yanaktan alınan oral mukoza ile kaplanır. d) Aşama 2 (~3 ay sonra): Bukkal mukoza ekarte edilir, kornea trepanasyonu yapılır ve osteo-odonto-lamina göze sabitlenir; ardından mukoza yeniden dikilir ve optiğin açığa çıkması için merkezi bir delik oluşturulur



Şekil 6. Aşama 1C'den sonra üzerinde fibrovasküler örtü gelişmiş tibial kemik keratoprotez laminası ve merkezi optik aşama 2'de göze implante edilmeye hazırdır

MICOF'a çok benzer bir Rus tasarımı olan Fyodorov-Zuev KPro, kulak şeklindeki kenarlara sahip bir titanyum çerçeve ile bir veya iki aşamada implante edilebilen yivli bir PMMA optikten oluşur. Cihaz, donör korneal lamel içine gömülür ve penetran keratoplasti gibi implante edilir. Lens, iris ve ön vitreus eksizyonu yapılır; yapı konjonktiva veya oral mukoza ile örtülür.¹⁶ Çoğunlukla, her iki cihaz da yalnızca Rusya ve Çin'de mevcuttur.

Komplikasyonlar

KPro cerrahisi, titiz ve ömür boyu takip gerektiren farklı bir dizi komplikasyon riski taşır. Bunlar başta KPro ile ilgili komplikasyonlar ve oküler komplikasyonlar olmak üzere iki gruba ayrılır. KPro ile ilgili komplikasyonlar retroprostetik membran, perioptik greft erimesi ve lamina rezorpsiyonu veya ekstrüzyondan oluşurken oküler komplikasyonlar öncelikle glokom, retina dekolmanı ve endoftalmiyi içerir. Bu komplikasyonlar çoğunlukla altta yatan etioloji, oküler yüzeyin durumu ve hasta uyumuna bağlı olarak ortaya çıkar.

Boston tip 1 KPro ile ilgili yakın zamanda yayımlanan bir sistematik derleme ve meta-analizde, retroprostetik membran (%36,6) ve glokomun (%39,3) en sık görülen uzun dönem komplikasyonlar olduğu bildirilmiştir.¹⁷ Boston tip 1 KPro uygulanan 157 gözün (136 hasta) 15 yıllık takibinde, Bernstein ve ark.¹⁸ en sık görülen komplikasyonun (%63,6) yeni gelişen glokom olduğunu bildirmiş, bunu retroprostetik membran oluşumu (%46,5) izlemiştir. En sık endikasyonun aniridi olduğu (%26,1) ve hastaların %54'ünde KPro'dan önce yapılan en az bir greftin başarısız olduğu izlenmiştir; bu da çalışmalarında glokom insidansının neden daha yüksek olduğunu açıklayabilir. Bu gibi olgularda glokom için yapılacak girişimin zamanlaması çok önemlidir. Geoffrion ve ark.¹⁹, 100 göz üzerinde yaptıkları retrospektif çalışmada; glokom cerrahisi KPro sonrası yapıldığında, KPro öncesi cerrahiye veya tek başına tıbbi tedaviye kıyasla glokom progresyonunun anlamlı derecede daha yüksek olduğunu belirtmiş, bu nedenle cerrahinin KPro implantasyonundan önce veya eş zamanlı yapılmasını önermişlerdir.

Uzun dönem sonuçlar, uygun KPro tipinin seçimi hakkında değerli bilgiler sağlar. Beş yıl veya daha fazla takip süresi olan bir kohortta, görme keskinliğini koruma veya iyileştirme olasılıkları 5. ve 10. yıllarda sırasıyla %75,0 ve %66,7 bulunmuş ve cihaz retansiyonu %89,2'de stabil seyretmiştir. Özellikle komplikasyon insidansı 5 yıldan sonra da artmaya devam etmiş; kornea erimesi, cerrahi glokom müdahaleleri ve endoftalmi daha geç dönemde ortaya çıkmıştır (Şekil 7a, b).²⁰ Tip 1 KPro'nun üç farklı versiyonunu karşılaştıran az sayıda çalışma olmasına rağmen, Shanbhag ve ark.²¹ Auro KPro'nun sonuçlarının limbal kök hücre yetmezliği olan gözlerde Boston tip 1 KPro ile elde edilen sonuçlarla benzer olduğunu bildirmiştir.

Ortalama 4 yıllık takip süresinde, Boston tip 2 KPro uygulanan 56 gözde en sık bildirilen postoperatif komplikasyonlar yeni başlangıçlı veya progresif glokom (%41,1), koroid efüzyonu (%30,3), retina dekolmanı (%25,0) ve son evre glokom (%25,0) olmuştur. Tek değişkenli analiz, geri dönüşü olmayan görme kaybı ($\geq 20/200$ kaybı) yaşayan hastaların, $\geq 20/200$ görme keskinliğini koruyanlara kıyasla eş zamanlı glokom drenaj cihazı implantasyonu yapılmış olma olasılığının anlamlı derecede daha düşük olduğunu ortaya koymuştur.¹⁰ Erken postoperatif

dönemde görülen bir diğer yaygın komplikasyon ise cildin tekrar suture edilmesini gerektirecek perioptik deri açılmasıdır (Şekil 7c, d).

MOOKP komplikasyonları cerrahi aşamalara göre farklılık gösterir, çünkü aynı gözde birden fazla prosedür gerçekleştirilir ve ömür boyu takip edilmesi gerekir. Dokuz yüz elli sekiz hastanın dahil edildiği 37 olgu serisinin (28'i komplikasyonlar açısından analiz edilmiştir) kapsamlı değerlendirmesinde, otoimmün bozukluklar (%39,1) ve kimyasal yaralanmaların (%38,8) başlıca endikasyonlar olduğu görülmüştür. İntraoperatif komplikasyonlar (%21,7) arasında en yaygın görülenler maksillofasiyal sorunlar, vitreus kanaması veya vitrit ve mukoza hasarı olmuştur. En sık görülen postoperatif komplikasyonlar lamina ile ilişkili (%16,1) komplikasyonlar, oral mukoza ile ilişkili (%14,8) komplikasyonlar, sekonder glokom (%11,5) ve koroid veya retina dekolmanı (%10) iken, retroprostetik membran oluşumu %6,2 oranında izlenmiştir (Şekil 7e, f). Takip süresi 1 ile 364 ay (medyan: 36,7 ay) arasında değişmiştir. Genel olarak, gözlerin %78'i 20/400 görme keskinliğine ulaşmış ve ortalama anatomik korunma oranı %88,3 olmuştur (aralık: %50-100).²²

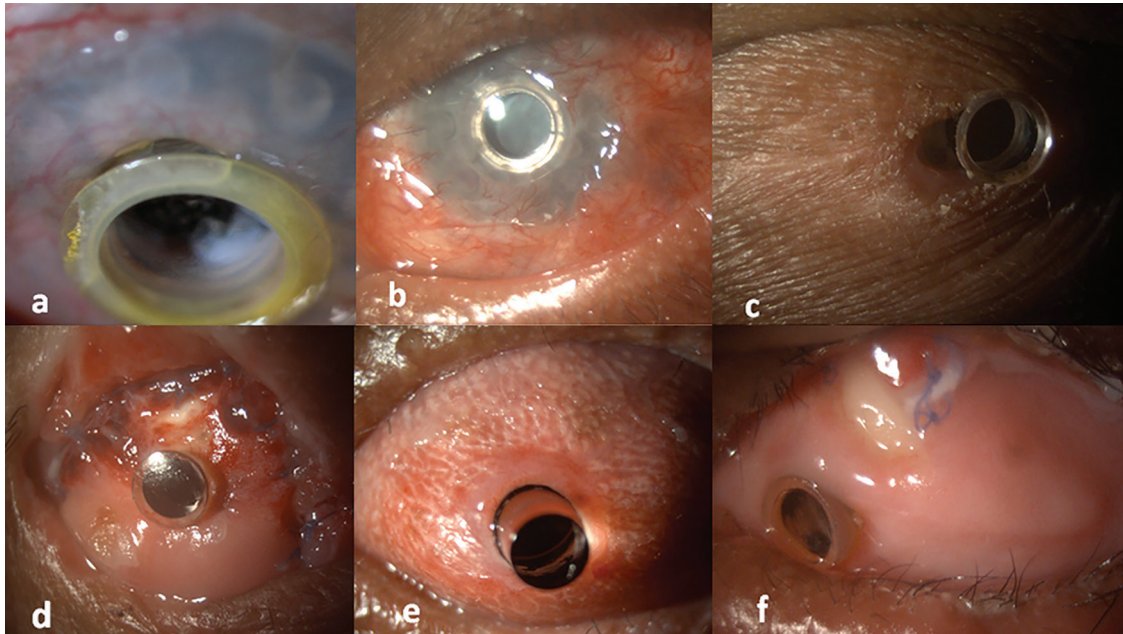
Charoenrook ve ark.²³ MOOKP ve TKK'nın uzun dönem sonuçlarını karşılaştırmışlardır. On yıllık anatomik sağkalım grupları arasında benzer bulunmuş (MOOKP %67, TKK %54) olsa da fonksiyonel sağkalımın MOOKP'de daha yüksek (%49'a karşı %25) olduğu görülmüştür. Postoperatif komplikasyonlar TKK'da (%65) MOOKP'ye (%40) göre daha sık ortaya çıkmıştır; mukozal membran nekrozu ve retroprostetik membran oluşumu ağırlıklı olarak TKK grubunda görülmüştür.²³

MICOF KPro'lu 90 gözden oluşan ve ortalama 58,2±36,3 ay takip edilen bir seride en sık görülen komplikasyonlar glokom (%60) ve kornea erimesi (%40) olmuştur. Bir gözde KPro ekstrüzyonu gelişmiş ve iki gözde implant bölgesinde sızıntı meydana gelmiştir. Endoftalmisi olan 7 gözde son görme keskinliği ışık algısı ile sınırlı kalmıştır.¹⁶ Ghaffariyeh ve ark.²⁴ ortalama 52 ay izlemde Fyodorov-Zuev KPro implante edilen 10 gözü değerlendirmiş ve retansiyon oranının %70 olduğunu bildirmiştir. Başlıca postoperatif komplikasyonlar retroprostetik membran oluşumu (%40), glokom (%20), retina dekolmanı (%10) ve endoftalmi (%10) olmuştur.

Sonuçlar ve komplikasyon profilleri KPro tiplerine göre değişmekle birlikte; glokom, retroprostetik membran oluşumu ve kornea erimesi, görme prognozu ve cihaz retansiyonunu etkileyen en sık uzun dönem sorunlar olmaya devam etmektedir.

Keratoprotez Seçiminde Temel Faktörler

Uygun KPro seçimi, birbiriyle ilişkili birden fazla faktörün dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir karardır. Her KPro'nun tasarım özellikleri, cerrahi gereklilikleri ve ameliyat sonrası ihtiyaçları farklıdır. Temel faktörler arasında korneal körlüğün etiyojisi ile doğrudan ilişkili olan oküler yüzeyin durumu ve hastanın genel sağlığı sayılabilir. Hastanın ilaç ve göz bakım talimatlarını anlama ve bunlara uyma, planlanan takip ziyaretlerine gelme ve endişe verici semptomlar ortaya çıktığında zamanında hekime başvurma kapasitesi gibi uygulamayla ilgili faktörleri de göz önünde bulundurmak önemlidir. Hasta uyumu, tipik olarak büyük ölçüde aile üyelerinin desteğine bağlıdır. Cerrahiden uzakta yaşıyorsa, hasta



Şekil 7. Farklı keratoprotezlerde (KPro) gelişen komplikasyonların temsili görüntüleri. a) Lameller yama grefti ile tedavi edilen Boston tip 1 KPro'da perioptik erime. b) Boston tip 1 KPro'da cerrahi membranektomi gerektiren yoğun retroprostetik membran. c) Boston tip 2 KPro'da tekrar suture etmeyi gerektiren perioptik deri açıklığı. d) Mukoza revizyonu ile tedavi edilen Boston tip 2 KPro'da mukozal nekroz. e) Modifiye osteo-odonto-KPro'dan sekiz yıl sonra laminar rezorpsiyonu düşündüren perioptik sızıntının eşlik ettiği optik protrüzyonu. f) Modifiye osteo-odonto-KPro sonrası mukoza revizyonu ile tedavi edilen ameliyattan sonra erken dönemde gelişen laminerinin açığa çıkması

ulaşıma yakın yaşama ve ulaşımı kullanabilecek durumda olmalıdır.

Cerrahi Öncesi Değerlendirme

KPro implantasyonunun uygun olup olmadığına karar vermeden önce oftalmolojik ve genel tıbbi öykü, görme keskinliği, oküler yüzey, göz içi basıncı (GİB) ve göz içi yapıların kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi şarttır ve ardından hangi cihaz ve cerrahi yöntemin kullanılacağına karar verilmelidir. Görme potansiyeli; ambliyopi, glokom ve retina bozuklukları gibi önceden var olan kısıtlılıklar göz önünde bulundurularak tartışılmalıdır.

Oküler Faktörler

Göz kapağı pozisyonu, göz kırpması, gözyaşı filmi ve forniksler gibi oküler yüzeyi etkileyen faktörler uygun KPro'nun belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Tip 1 KPro'lar ile başarılı sonuç elde edilebilmesi için oküler yüzeyin nemli kalmasını sağlayacak göz kırpması refleksi ve intakt fornikslere ihtiyaç vardır. Buna karşılık tip 2 KPro'lar; konvansiyonel yüzey rekonstrüksiyonunun mümkün olmadığı veya başarısız olma ihtimalinin yüksek olduğu, örneğin göz kapaklarının olmadığı veya işlevsiz olduğu, göz kırpması hareketinin yetersiz olduğu, belirgin kuruluk görülen, keratinizasyon veya ankiloblefaron olan, oküler yüzeyi bozulmuş gözler için endikedir.

Altta yatan etiyoloji, uygun KPro tipinin seçiminde önemli bir belirleyici olmaya devam etmektedir. Çoklu başarısız greft, silikon yağı tamponadı veya herpetik keratit öyküsü olan veya aniridili gözlerde tipik olarak tip 1 KPro implantasyonundan sonra prognoz nispeten olumludur.^{25,26,27} Buna karşılık, kimyasal ve termal yanıklarda tip 1 cihazlar kullanıldığında sonuçlar daha az başarılıdır ve bu gibi olgularda KPro implantasyonu kararı dikkatli bir şekilde verilmelidir.

Oküler sikatriyel pemfigoid ve Stevens-Johnson sendromu gibi otoimmün hastalıkları olan hastaların yanı sıra oküler yüzey keratinizasyonu ve ciddi forniks kısalığı ile seyreden diğer ağır sikatriyel yüzey hastalığı olan hastalar genellikle tip 1 KPro için zayıf adaylardır çünkü persistan greft defekti, kornea erimesi ve enfeksiyon insidansı çok daha yüksektir. Bu gibi olgularda, ciddi oküler yüzey hasarı için tasarlanmış olmaları nedeniyle tip 2 KPro'lar tercih edilir.^{3,10,13,22}

Glokom, KPro implantasyonunu takiben görmeyi tehdit eden önemli bir komplikasyondur. Genellikle altta yatan patolojiye veya geçirilmiş oküler cerrahilere bağlı primer veya sekonder olarak önceden mevcuttur veya postoperatif dönemde yeni gelişebilir. Şiddetli kornea opasitesi pupiller yanıtın ve optik diskin ameliyattan önce değerlendirilmesini imkansız hale getirdiği için preoperatif glokom tanısı koymak zor olabilir.²⁸ GİB ölçümü; kornea kalsifikasyonu, inceleme ve ön kamara sağlığı nedeniyle güvenilir olmayabilir. Şiddetli semblefaron veya ankiloblefaron, ön segmentin ultrason biyomikroskopi ile görüntülenmesine engel olabilir.²⁹ KPro implantasyonundan sonra GİB ölçümleri en iyi ihtimalle globun palpasyonuna dayalı tahminlerden ibarettir ancak disk ve düzenli görme alanı değerlendirmesi yapılabilir ve izlem için önerilmektedir. Tip 1 KPro sonrasında topikal antiglokom ilaçlar kullanılabilir;

ancak tip 2 KPro sonrasında bu ilaçların etkinliği, mukozadan penetrasyonun zayıf olması nedeniyle sınırlıdır. Göz kapaklarının birleştirilmiş olduğu olgularda ise bu ilaçların etkinliği yoktur; bu nedenle tedavi veya profilaksi endike olduğunda, cerrahi olmayan tek alternatif olarak geriye sadece sistemik karbonik anhidraz inhibitörleri kalır. Glokom cerrahisinin zamanlaması çok önemlidir. Tip 1 KPro uygulanacak önceden glokomu olan hastalar için, KPro implantasyonundan önce veya eş zamanlı olarak glokom cerrahisi yapılması önerilir.¹⁹ MOOKP veya TKK uygulanan ve kontrol altında olmayan glokomlu gözlerde glokom valfi implantasyonunun, yüzey anatomisi henüz değişmeden mukozaya grefti aşamasından önce yapılması en uygundur. Bu yaklaşım aynı zamanda mukozaya greftinden sonra episkleral dışı akımı daha da engelleyebilecek bir GİB artışını önlemeye yardımcı olur.³⁰ Tip 2 KPro düşünülen monoküler hastalarda, özellikle ileri glokomatöz hasarı olan ve görme prognozu açısından beklentinin düşük olduğu olgularda; tek aşamalı Boston tip 2 KPro, MOOKP veya TKK gibi daha karmaşık ve çok aşamalı işlemlere kıyasla daha pratik bir seçenek olabilir.

KPro implantasyonuna başlamadan önce gözün arka segmentinin durumunu belirlemek önemlidir. Retinanın yatışıklığı ve optik sinir çukurlaşmasını değerlendirmek için B-tarama ultrasonografi yapılması gereklidir. Retina dekolmanı veya posterior stafilom gibi arka segment patolojilerinin varlığı, görme sonuçlarını anlamlı ölçüde sınırlayabilir ve böylece hem KPro seçimini hem de ameliyat öncesi verilecek danışmanlığın içeriğini etkileyebilir. B-taramada çukurlaşma mevcutsa, bunun anlamlı olduğu ve muhtemelen çukur/disk oranının 0,8'e eşit veya daha yüksek olduğu varsayılabilir.

Sistemik Faktörler

Lokal oküler faktörlere ek olarak; kontrol altında olmayan diyabet, diğer otoimmün hastalıklar veya ciddi kardiyopulmoner hastalıklar gibi komorbiditeler hastaların cerrahiye uygun olmamasına neden olabilir veya protez seçimini etkileyebilir. Çünkü çok aşamalı ve/veya uzun süren cerrahiler göz önüne alındığında, tüm tip 2 KPro ameliyatlarında genel anestezi verilebilmesi için hastanın sistemik açıdan uygun olması zorunludur.^{10,11,12,15} Ayrıca, MOOKP düşünülen hastalara, köpek dişlerini değerlendirmek için spiral bilgisayarlı tomografi gibi ayrıntılı preoperatif diş ve oral mukozaya değerlendirmesi yapılmalıdır. Buna karşılık, tibial kemik kullanılan TKK adaylarına altta yatan osteoporozu dışlamak için kemik dansitometre ölçümü yapılmalıdır çünkü kemik dansitesi osteo-laminanın uzun dönem canlılığını etkileyebilir.^{11,15} İmmünoşüpresif hastalar, ağız hijyeni kötü veya dişsiz hastalarda, Boston tip 2 osteo-bazlı KPro'lara tercih edilebilir.

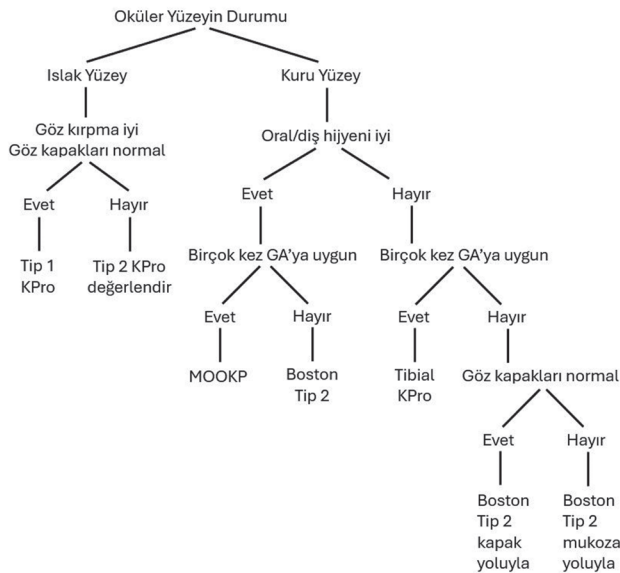
Uygulama ile İlgili Faktörler

Psikolojik dayanıklılık ve uzun süreli bakım ve rehabilitasyona uyum sağlama yeteneği gibi hasta ile ilgili faktörler, uygun KPro tipinin seçilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Tedaviye erişim, düzenli olarak takiplere gelme kapasitesi ve yaşam boyu topikal tedaviye uyum gibi sosyoekonomik ve lojistik hususlar,

cerrahinin uzun dönem sonucunu önemli ölçüde etkileyebilir. Her 3 ayda bir bandaj kontakt lens değişimi ve glokomun başlangıcı veya kötüleşmesi açısından sürekli izleme ihtiyacı, yakın takibi zorunlu kılmaktadır. Hastanın görünümünü önemli ölçüde değiştirdikleri için, özellikle tip 2 KPro'larda kozmetik endişelerin hasta ve aile danışmanlığı ile uygun şekilde ele alınması gerekir. Hasta beklentilerinin gerçekte uyumlu olmasını sağlamak için yaşam boyu komplikasyon olasılığı, olası tekrar ameliyat ihtiyacı, implantın başarısız olması ve geri dönüşü olmayan körlük riski ve KPro ekstrüzyonu ile ilgili hastaya bilgilendirme yapılması çok önemlidir.

Son olarak, başta MOOKP gibi daha kompleks işlemler olmak üzere KPro cerrahisinin başarısı, büyük ölçüde cerrahi ekibin deneyimine ve merkezin olanaklarına bağlıdır. Kornea, glokom ve retina cerrahları, ağız, diş ve çene cerrahları ve anestezi uzmanlarından oluşan multidisipliner bir ekibe ihtiyaç vardır. Cerrahi ekip için özellikle osteo-bazlı KPro'ların öğrenme eğrisinin dik olması, yeterli eğitim, cerrahi destek ve uzun dönem izlem altyapısına ihtiyaç olduğuna işaret etmektedir. Cerrahi uzmanlığa ek olarak, komplikasyonları erken tanımak ve yönetmek için ameliyat sonrası iyi takip sonuçlarının iyileştirilmesinde büyük önem taşır. Belirli KPro tiplerine erişim bölgeye veya merkeze göre değiştiği için implant seçimini etkileyebilir. Mevzuat ile ilişkili onaylar ve maliyet de cerrahi planlama ve zamanlamayı etkileyebilir.

Yukarıdaki faktörlere dayanarak, uygun KPro seçiminde yardımcı olması amacıyla geliştirdiğimiz algoritmanın kullanılmasını öneriyoruz (Şekil 8). MICOV ve Fyodorov-Zuev KPro cihazlara erişimin kısıtlı olması nedeniyle bu cihazlar algoritmaya dahil edilmemiştir.



Şekil 8. Oküler yüzey ve sistemik duruma göre keratoprotez seçimine yardımcı olacak algoritma

GA: Genel anestezi, MOOKP: Modifiye osteo-odonto-keratoprotez

Sonuç

Malzeme bilimindeki son gelişmeler ve daha önceki KPro tasarımlarının dezavantajlarının daha iyi anlaşılması, daha iyi sonuçlar elde etmek amacıyla birkaç yeni modelin geliştirilmesine ve mevcut modellerde iyileştirmelere yol açmıştır. Şu anda mevcut seçenekler arasında, Boston tip 1 KPro dünya çapında en yaygın kullanılan cihazdır. Yıllar ilerledikçe, arka plakanın tasarımındaki ve malzemesindeki değişiklikler, retroprostetik membran oluşumu ve periopatik erime gibi komplikasyonları azaltmaya yardımcı olmuştur. Tip 2 cihazlar arasında MOOKP, uzun dönem görme ve anatomik sonuçlarının üstün olması nedeniyle genellikle altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak, cerrahi basamaklarının karmaşık olması ve kozmetik görünüm ile ilgili endişeler daha yaygın kullanılmasını sınırlamıştır. Boston tip 2 ve tibial KPro, uygun hastalarda iyi alternatiflerdir. Her biri farklı avantajlara, endikasyonlara ve kısıtlılıklara sahip olan KPro seçeneklerindeki artış göz önüne alındığında, cihaz seçiminde yapılandırılmış, kişiselleştirilmiş bir yaklaşım benimsemek giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu karmaşık ve gelişen alanda mümkün olan en iyi sonuçları elde etmek ve klinik karar verme sürecine yön vermek için oküler yüzeyin durumu, sistemik faktörler ve cerrahi fizibiliteye göre şekillendirilen detaylı bir algoritmaya ihtiyaç vardır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Konsept: S.A., J.C., Dizayn: S.A., J.C., Veri Toplama veya İşleme: S.A., V.B., M.R., J.C., Analiz veya Yorumlama: S.A., V.B., M.R., J.C., Literatür Arama: S.A., V.B., M.R., J.C., Yazan: S.A., V.B., M.R., J.C.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- Avadhanam VS, Smith HE, Liu C. Keratoprotheses for corneal blindness: a review of contemporary devices. Clin Ophthalmol. 2015;9:697-720.
- Barber JC. Design of a retainable keratoprosthesis: history, design and evaluation in cats. 1st ed. Bloomington, USA: Author House; 2011.
- Alexander JK, Basak SK, Padilla MD, Yu F, Aldave AJ. International outcomes of the Boston type I keratoprosthesis in Stevens-Johnson syndrome. Cornea. 2015;34:1387-1394.
- Zarei-Ghanavati M, Liu C. Keratoprosthesis: current choices and future development. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2019;8:429-431.
- Dohlman CH, Schneider HA, Doane MG. Prosthokeratoplasty. Am J Ophthalmol. 1947;77:694-700.
- Dohlman C, Harissi-Dagher M, Graney J. The Boston keratoprosthesis: a new thread less design. Digital J Ophthalmol. 2007;13:3.
- Venugopal A, Rathi H, Rengappa R, Ravindran M, Raman R. Outcomes after auro keratoprosthesis implantation: a low-cost design based on the Boston keratoprosthesis. Cornea. 2016;35:1285-1288.
- Ortiz-Morales G, Vera-Duarte GR, Jimenez-Collado D, Rivera JA, Rivera KA, Domene-Hickman JL, Müller-Morales CA, Navas A, Ramirez-Miranda A, Chodosh J, Graue-Hernandez EO. Results of Lucia keratoprosthesis implantation in severe corneal disease. Am J Ophthalmol. 2024;268:388-394.
- Ocular Surface Gurukul. Youtube. Available from: youtube.com/@OcularSurfaceGurukul

10. Saini C, Chen TC, Young LH, Vavvas DG, Vangel M, Papaliodis GN, Mukai S, Turalba AV, Rhee DJ, Wu DM, Elliott D, Miller JB, Song BJ, Shen LQ, Pasquale LR, Chodosh J. Restoration of vision in severe, cicatricial, ocular surface disease with the Boston keratoprosthesis type II. *Am J Ophthalmol*. 2022;243:42-54.
11. Orive Bañuelos A, Fideliz de la Paz M, Feijóo Lera R, Santamaría Carro A, Martínez Grau A, Andollo Victoriano N, Etxebarria Ecenarro J. Transmucosal Boston keratoprosthesis type ii in a case of severe bilateral chemical burn. *Cornea*. 2024;43:261-264.
12. Hille K, Grabner G, Liu C, Colliardo P, Falcinelli G, Taloni M, Falcinelli G. Standards for modified osteodontokeratoprosthesis (OOKP) surgery according to Strampelli and Falcinelli: the Rome-Vienna Protocol. *Cornea*. 2005;24:895-908.
13. Iyer G, Srinivasan B, Agarwal S, Talele D, Rishi E, Rishi P, Krishnamurthy S, Vijaya L, Subramanian N, Somasundaram S. Keratoprosthesis: Current global scenario and a broad Indian perspective. *Indian J Ophthalmol*. 2018;66:620-629.
14. Falcinelli G, Falsini B, Taloni M, Colliardo P, Falcinelli G. Modified osteo-odonto-keratoprosthesis for treatment of corneal blindness: long-term anatomical and functional outcomes in 181 cases. *Arch Ophthalmol*. 2005;123:1319-1329.
15. Charoenrook V, Michael R, de la Paz ME, Ding A, Barraquer RI, Temprano J. Osteokeratoprosthesis using tibial bone: surgical technique and outcomes. *Ocul Surf*. 2016;14:495-506.
16. Wang L, Huang Y, Du G, Dong Y, Guo H, Wang D, Yu J, Wang Q, Chen B, Hou L. Long-term outcomes and complications of Moscow Eye Microsurgery Complex in Russia (MICOE) keratoprosthesis following ocular surface burns: clinical experience in China. *Br J Ophthalmol*. 2015;99:1669-1674.
17. Priddy J, Bardan AS, Tawfik HS, Liu C. Systematic review and meta-analysis of the medium- and long-term outcomes of the Boston type 1 keratoprosthesis. *Cornea*. 2019;38:1465-1473.
18. Bernstein A, Gheth Y, Nassrallah W, Berkache M, Haagdorens M, Harissi-Dagher M. Long-term outcomes of the Boston keratoprosthesis: a 15-year follow-up. *Can J Ophthalmol*. 2025;S0008-4182(25)00362-X.
19. Geoffrion D, Hassanaly SI, Marchand M, Daoud R, Agoumi Y, Harissi-Dagher M. Assessment of the role and timing of glaucoma surgery in Boston keratoprosthesis type 1 patients. *Am J Ophthalmol*. 2022;235:249-257.
20. Kanu LN, Niparugs M, Nonpassopon M, Karas FI, de la Cruz JM, Cortina MS. Predictive factors of Boston type I keratoprosthesis outcomes: a long-term analysis. *Ocul Surf*. 2020;18:613-619.
21. Shanbhag SS, Senthil S, Mohamed A, Basu S. Outcomes of the Boston type 1 and the Aurolab keratoprosthesis in eyes with limbal stem cell deficiency. *Br J Ophthalmol*. 2021;105:473-478.
22. Ortiz-Morales G, Loya-Garcia D, Colorado-Zavala ME, Gomez-Elizondo DE, Soifer M, Srinivasan B, Agarwal S, Rodríguez-García A, Perez VL, Amescua G, Iyer G. The evolution of the modified osteo-odonto-keratoprosthesis, its reliability, and long-term visual rehabilitation prognosis: an analytical review. *Ocul Surf*. 2022;24:129-144.
23. Charoenrook V, Michael R, de la Paz ME, Temprano J, Barraquer RI. Comparison of long-term results between osteo-odonto-keratoprosthesis and tibial bone keratoprosthesis. *Ocul Surf*. 2018;16:259-264.
24. Ghaffariyeh A, Honarpisheh N, Karkhaneh A, Abudi R, Moroz ZI, Peyman A, Faramarzi A, Abasov F. Fyodorov-Zuev keratoprosthesis implantation: long-term results in patients with multiple failed corneal grafts. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2011;249:93-101.
25. Yaghouti F, Nouri M, Abad JC, Power WJ, Doane MG, Dohlman CH. Keratoprosthesis: preoperative prognostic categories. *Cornea*. 2001;20:19-23.
26. Bouhout S, Robert MC, Deli S, Harissi-Dagher M. Corneal melt after Boston keratoprosthesis: clinical presentation, management, outcomes and risk factor analysis. *Ocul Immunol Inflamm*. 2018;26:693-699.
27. Iyer G, Srinivasan B, Agarwal S, Pattanaik R, Rishi E, Rishi P, Shanmugasundaram S, Natarajan V. Keratoprostheses in silicone oil-filled eyes: long-term outcomes. *Br J Ophthalmol*. 2019;103:781-788.
28. Akpek EK, Karakus S, Yohannan J, Jabbar S, Sotimhehin AE, Li G, Ramulu PY. Reliability of several glaucoma tests in patients with Boston type 1 keratoprosthesis. *Cornea*. 2022;41:310-316.
29. Nascimento E Silva R, Taniguchi EV, Cruzat A, Paschalis EI, Pasquale LR, Colby KA, Dohlman CH, Chodosh J, Shen LQ. Angle anatomy and glaucoma in patients with Boston keratoprosthesis. *Cornea*. 2020;39:713-719.
30. Iyer G, Srinivasan B, Agarwal S, Shetty R, Krishnamoorthy S, Balekudaru S, Vijaya L. Glaucoma in modified osteo-odonto-keratoprosthesis eyes: role of additional stage 1A and Ahmed glaucoma drainage device-technique and timing. *Am J Ophthalmol*. 2015;159:482-489.