



Descemet Membran Endotelial Keratoplastinin Gelişen Teknik ve Endikasyonları

Evolving Techniques and Indications of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty

Özlem Evren Kemer*, Emine Esra Karaca*, Silke Oellerich**, Gerrit Melles**

*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Şehir Hastanesi, Ankara, Türkiye

**Netherlands Institute For Innovative Ocular Surgery (NIIOS), Rotterdam, Hollanda

Öz

Günümüzde endotelial keratoplasti, korneal endotel disfonksiyonunun tedavisinde geleneksel penetran keratoplastinin yerini almıştır. Cerrahinin kendisi daha az invaziv olup; daha hızlı, daha öngörülebilir ve görmede daha stabil iyileşme ile sonuçlanır, ayrıca greft reddi oranı daha düşüktür. Descemet membran endotelial keratoplasti (DMEK) şu anda Fuchs endotel distrofisi, büllöz keratopati ve katarakt cerrahisi sonrası kornea ödeminde altın standarttır. Tatminkar uzun dönem sonuçları, büyük çalışma grupları tarafından giderek daha fazla rapor edilmeye başlamıştır. Bu derleme yeni DMEK tekniklerini, değişik boyut ve şekil uygulamalarını, greft yerleştirme tekniklerini, glokomu olan, glokom cerrahisi geçirmiş ve başarısız penetran keratoplasti sonrası gibi zor olgu uygulamalarındaki ipuçlarını son literatür ışığında özetlemektedir.

Anahtar Kelimeler: Kornea nakli, DMEK, hemi-DMEK, kuarter-DMEK, zor olgularda DMEK

Abstract

Endothelial keratoplasty has replaced traditional penetrating keratoplasty for the treatment of corneal endothelial dysfunction. It offers faster, more predictable, stable visual recovery and low rejection rates while the surgery itself is less invasive. Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) is currently the gold standard for the treatment of Fuchs endothelial dystrophy, bullous keratopathy, and corneal edema after cataract surgery. Its favorable long-term outcomes are increasingly reported by large study groups. This review summarizes the current literature on new DMEK techniques, including size and shape modifications, new graft delivery techniques, and surgical pearls for challenging cases like eyes with glaucoma, glaucoma tubes, and failed penetrating keratoplasties.

Keywords: Corneal transplantation, DMEK, hemi-DMEK, quarter-DMEK, DMEK in complicated cases

Giriş

Endotelial keratoplasti (EK), endotelial disfonksiyonu olan hastaların tedavisinde büyük avantajlar sunmaktadır. Fuchs endotelial distrofi, psödotakik veya afakik büllöz keratopati, arka polimorföz distrofi, iridokorneal endotelial sendrom veya başarısız penetran keratoplastinin (PK) tedavisinde uygulanabilir. Geleneksel PK'ye göre görmede daha hızlı iyileşme, daha düşük ret oranları, daha iyi refraktif sonuçlar ve daha fazla yapısal

bütünlük sağlar.^{1,2,3,4} Bunlara ek olarak, PK'nin en korkulan komplikasyonu olan intraoperatif suprakoroidal kanamanın önüne geçen kapalı bir sistem sağlar.^{5,6}

Modern EK teknikleri arasında başlıca Descemet Soymalı Otomatize EK (DSOEK), Descemet membran EK (DMEK) ve pre-Descemet EK (PDEK) sayılabilir.⁷ İki bin altı yılında, Melles¹ ilk kez selektif olarak Descemet membranı (DM) ve endotelin değiştirildiği ve anatomik olarak daha doğru sonuçların elde edildiği bir işlem olan DMEK'yi tanımlamıştır. DMEK teknik

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Özlem Evren Kemer, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Şehir Hastanesi, Ankara, Türkiye

E-posta: ozlemvidya@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0001-9480-8470

Geliş Tarihi/Received: 31.12.2020 **Kabul Tarihi/Accepted:** 18.05.2021

Cite this article as: Kemer ÖE, Karaca EE, Oellerich S, Melles G. Evolving Techniques and Indications of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. Turk J Ophthalmol 2021;51:381-392

©Telif Hakkı 2021 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

açıldan zorluklar içerir ve öğrenme eğrisi diktir. Bunun nedeni greft hazırlama ve yerleştirme işlemlerinin dikkatli ve titiz bir şekilde yapılmasının gerekmesidir.⁸ Buna rağmen DMEK son on yılda popülerite kazanmış ve zor olgularda cerrahi tekniği veya donör hazırlığını kolaylaştıran çeşitli modifikasyonlar geliştirilmiştir.⁹

Ayrıca DMEK cerrahisi daha popüler hale geldikçe, orta ve uzun vadeli sonuçlar hakkında daha fazla veri elde edilmiştir. Yakın zamanda Birbal ve ark.¹⁰ tarafından DMEK yapılan 500 gözüün dahil edildiği bir çalışmada, 5 yıllık greft sağkalım olasılığının %90 olduğu ve gözlerin %82'sinde en iyi düzeltilmiş görme keskinliğinin (EİDGK) 20/25'ye ulaştığı bildirilmiştir. Endotel kaybının ilk 6 ayda %37, 1. yılda %40, 5. yılda %55 olduğu bulunmuştur. Allogreft ret oranlarının %1,7-2,8 olduğu ve bu oranın DSOEK'de %5 ve PK'de %14 olan oranlar ile karşılaştırıldığında düşük olduğu kaydedilmiştir.¹⁰ Woo ve ark.⁵ 5 yıllık DMEK sağkalımını (%97,4), DSOEK (%76,4) ve PK (%54,6) ile karşılaştırmışlardır. İlk yapılan DMEK cerrahisi olgularında, 10 yıl sonra bile, düşük ret oranları ve mükemmel görme keskinliği değerleri korunmuş ve bu bulgular DMEK'yi kornea endotel hastalıkları için altın standart tedavi olarak daha da desteklemiştir.¹¹

Bu derlemede DMEK endikasyonlarını ve cerrahideki yeni bakış açılarını tartışacak ve son bilimsel yayınlar ışığında zorlu olgularda DMEK'nin cerrahi basamaklarını açıklamaya çalışacağız.

Yeni Greft Hazırlama ve Yerleştirme Teknikleri Hemi-DMEK

DMEK, endotel disfonksiyonu tedavisinde görmeye hızlı iyileşme sağlar. Ancak işlem için iyi endotel hücre yoğunluğuna sahip bir donör kornea dokusu gereklidir.^{12,13} Dünya genelinde EK işlemlerine uygun donör dokusunun az olması nedeniyle cerrahi başarıdan ödün vermeden donör dokusunu iki veya daha fazla grefte bölme fikri ortaya çıkmıştır (Tablo 1).¹⁴ Yarım ay (semisirküler) hemi-DMEK tekniği ilk kez Lam ve ark.¹⁵ tarafından tanımlanmıştır. Normalde DMEK cerrahisinde korneanın saydam olmasını sağlamak için 8,0 mm greft yeterlidir. Hemi-DMEK greftlerde, 11-12 mm gibi daha büyük

çaplı bir greft kullanılır ve greft ikiye bölünür. Bu şekilde, hemi-DMEK greftinin yüzey alanı ve nakledilen kornea endotel hücrelerinin sayısı normal DMEK ile benzer olmaktadır. Doku verimliliği açısından avantajlı olmasına rağmen hazırlık ve göz içi greft yerleştirilmesinde bazı zorluklar vardır. Bu teknikte korneoskleral butonlar endotel tarafı yukarı gelecek şekilde yerleştirildikten sonra uveal kalıntılar uzaklaştırılır ve DM santral yönde bir bıçakla gevşetilir. Daha sonra butonlar ikiye ayrılır. DM, herhangi bir trepanizasyon gerekmesizin iki yarım ay şeklinde greft arka stromadan çıkarılır.¹⁶ Greft çapı dışında işlem rutin DMEK cerrahisi ile aynı şekilde yapılır. Greft yerleştirilirken en geniş çap en uzun horizontal meridyene getirilerek greftin en büyük bölümünün pupiller alanı kaplaması sağlanır (Şekil 1a).

İyileşme dönemi de kendine özgü bazı özelliklere sahiptir. Descemetoreksis alanı ile greft arasındaki uyumsuzluk nedeniyle ameliyat sonrası bir miktar kornea stroması bırakılır. Klinik olarak postoperatif kornea ödemi 12 ayda düzeler ve açık bırakılan bölge endotel hücrelerle kaplanır. Bırakılan stromanın arkasının da donör veya alıcı endotel hücrelerinin migrasyonu ile kaplanıp kaplanmadığı halen net olarak bilinmemektedir.¹⁷ Müller ve ark.¹⁸ ilk yıl endotel hücre dansitesinin %59 azaldığını ve 3 yıl stabil kaldığını göstermişlerdir. Görme keskinliği düzelmiş, intraoperatif ve postoperatif komplikasyon görülmemiştir. Korneaların saydam olduğu görülmüş, 1 ve 3 yıllık klinik izlemlerde pakimetri ölçümleri stabil seyretmiştir.^{18,19} Hemi-DMEK ile konvansiyonel DMEK sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir; bu nedenle, aynı donör korneadan yapılan endotel nakil sayısını iki katına çıkarma potansiyeli nedeniyle umut verici bir teknik olabilir.

Çeyrek-DMEK

Tam Descemet greft dekolmanı veya "sadece descemetoreksis" (EK olmadan descemetoreksis) cerrahisinden sonra alıcı endotel hücreleri tarafından stromal repopülasyon fikri, "çeyrek-DMEK" adı verilen bir tekniğin tasarlanmasına yardımcı oldu.^{20,21} Sadece descemetoreksis yapılan hastalarda alıcı hücrenin migrasyonu yavaş olduğundan çeyrek DMEK, DMEK'nin avantajını (kornea saydamlaşmanın hızlı olması), DM endotel transferi (DMET) (periferik alıcı endotelini uyarır) ile birleştiren hibrit bir teknik

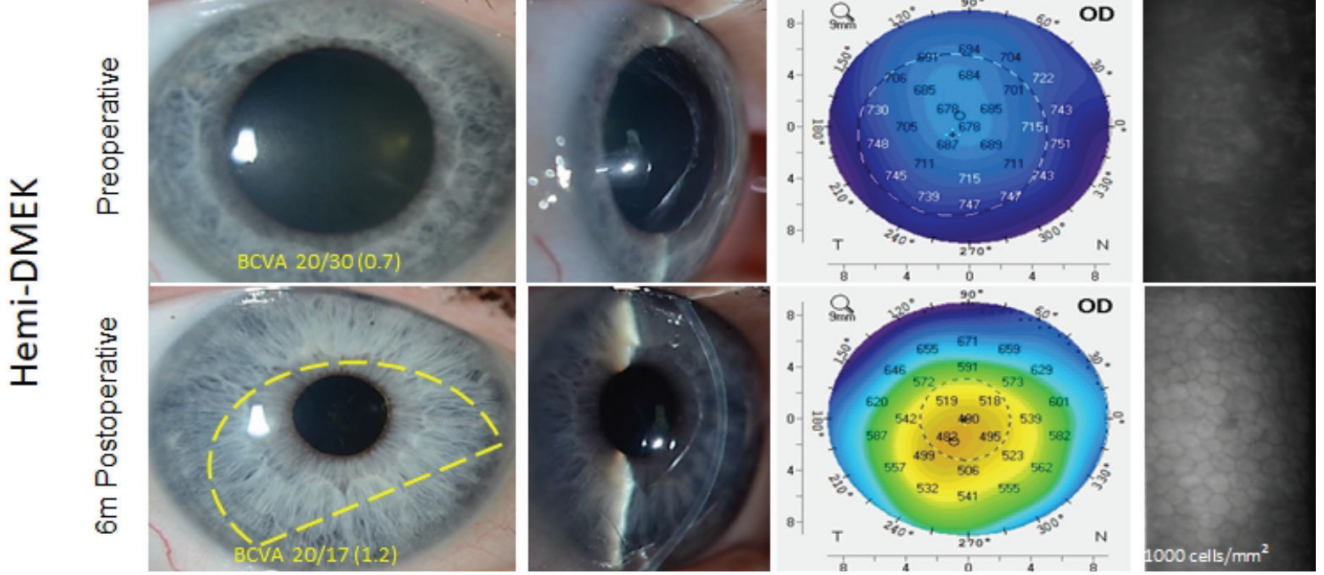
Tablo 1. Standart Descemet membranı endotel keratoplasti (DMEK) cerrahisi modifikasyonları

DMEK tipi	Standart DMEK'den farkı	Avantaj	Dezavantaj	Tanımlayan
Hemi-DMEK	Büyük boyutlu bir greftin yarısı kullanılır	Bir donörden 2 greft	Greft hazırlama ve yerleştirme ile ilgili zorluklar	Melles ve ark. ¹
Çeyrek-DMEK	Büyük boyutlu bir greftin dörtte biri kullanılır	Bir donörden 4 greft	Greft hazırlama ve yerleştirme ile ilgili zorluklar	Melles ve ark. ¹
¼-DMEK	Büyük boyutlu bir greftin dörtte üçü kullanılır	Ön kamarada tüp varken kullanılabilir	Greft hazırlama ve yerleştirme ile ilgili zorluklar	Melles ve ark. ¹
E-DMEK (EndoGlide)	Greft aynı şekilde hazırlanır ancak "endotelium içte" olacak şekilde katlanır	Özellikle zor olgularda daha kolay açılma	Yerleştirmek için özel bir kartuş gerekir	Mehta ve ark.
H-DMEK (Hibrit)	Greft E-DMEK'ye benzer şekilde ancak taşıyıcı görevi gören ince bir stroma ile hazırlanır	Özellikle zor olgularda daha kolay açılma	4,5 mm kornea insizyonu gerekir, greft hazırlığı zordur	Woo ve ark. ⁵

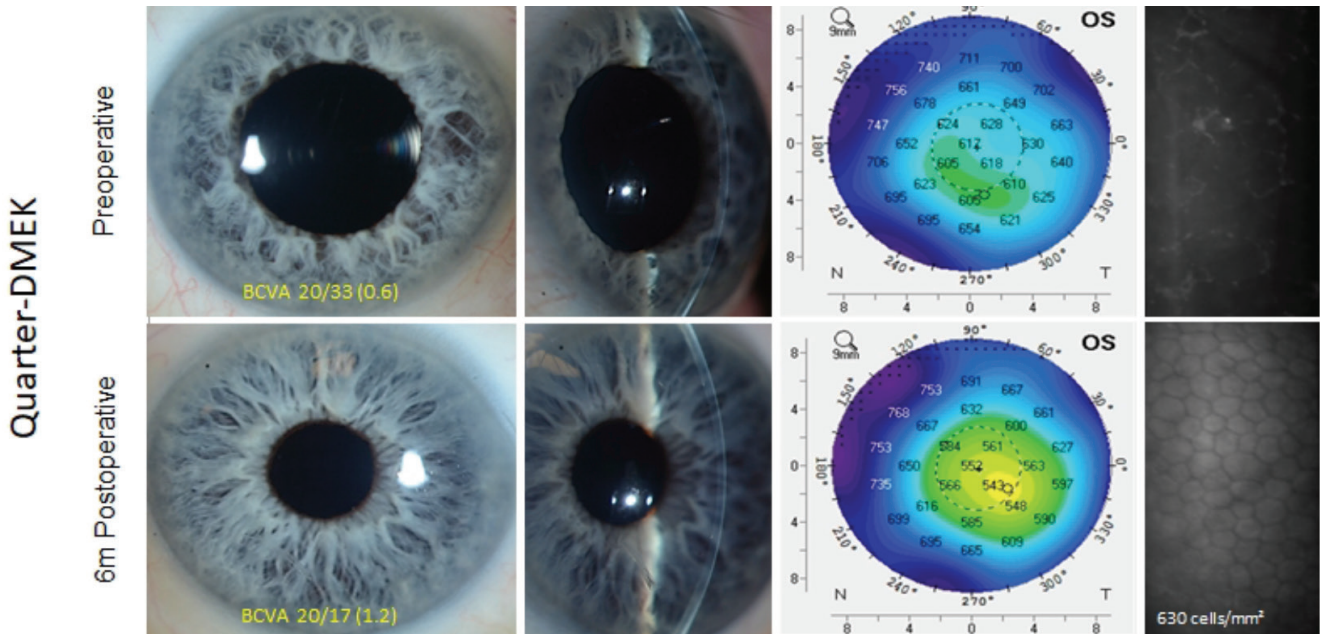
DMEK: Descemet membranı endotel keratoplasti

olarak düşünülebilir. Bu işlem ile bir donör korneadan dört adet endotel grefti elde edilebilmektedir. Zygoura ve ark.²⁰ santral Fuchs endotelial distrofisi olan 12 hastada uygulanan çeyrek DMEK'nin sonucunu değerlendirmişlerdir. Hemi-DMEK'de olduğu gibi korneoskleral butonlar endotel yüzü yukarı bakacak şekilde yerleştirilmiş, uveal kalıntılar uzaklaştırılmış ve DM santral yönde bıçakla gevşetilmiştir. Ancak, butonlar daha sonra dört eşit parçaya ayrılmış ve DM arka stromadan dört eşit greft olarak çıkarılmıştır. Tüm DM greftleri, endotel dışarıda

kalacak şekilde rulo haline getirilmiş ve transplantasyona kadar organ kültürü ortamında bekletilmiştir. Hava altında 7-8 mm descemetoreksis sonrası greft santral alana konumlandırılarak rutin DMEK cerrahisi yapılmıştır (Resim 1b). Altı ay boyunca takip ettikleri hastalarda tüm gözlerde EİDGK'nin $\geq 20/40$ ($\geq 0,5$) ve 12 gözün 11'inde (%92) EİDGK'nin $\geq 20/25$ ($\geq 0,8$) olduğunu bildirmişlerdir. İlk 2 ay içinde tekrar hava enjeksiyonu oranı %33 bulunmuştur. Ancak, endotel hücre yoğunluğunda ilk ayda hızlı bir düşüş olduğunu göstermişlerdir. Bu azalmanın nedeni



Şekil 1a. Hemi-DMEK (Descemet membranı endotelial keratoplasti) öncesi ve sonrası biyomikroskop görüntüleri, pakimetri haritaları ve speküler mikroskopi görüntüleri. Preoperatif ve postoperatif 6. aya ait görüntüler gösterilmiştir. Kesikli sarı çizgiler, hemi-DMEK greftinin konumunu göstermektedir



Şekil 1b. Çeyrek DMEK (Descemet membranı endotelial keratoplasti) öncesi ve sonrası biyomikroskop görüntüleri, pakimetri haritaları ve speküler mikroskopi görüntüleri. Preoperatif ve postoperatif 6. aya ait görüntüler gösterilmiştir

yaygın endotel hücre migrasyonu ve greft kenarlarındaki ölçüm hatası olabilir. Yazarlar ayrıca, farklı greft alanlarındaki farklı hücre göçü paternlerini yansıtabilen “limbal” yuvarlak kenara kıyasla, greftlerin kesilmiş kenarları boyunca kornea klirensi eğiliminin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yuvarlak greft kenarlarındaki repopülasyon hücrelerinin olasılıkla alıcının endotel hücreleri olduğu varsayılmıştır.

Birbal ve ark.²² santral Fuchs endotelial distrofisi olan 19 hastanın klinik sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Bu hastalarda görmede iyi sonuçlar elde edilmiş ve postoperatif 2 yıl boyunca görme keskinlikleri stabil kalmıştır. On dokuz gözün sekizine (%42) anlamlı greft dekolmanı nedeniyle tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerekmiştir. Oganessian ve ark.²³ çeyrek DMEK ile iyi sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir. Çeyrek-DMEK, görme keskinliği sonuçları açısından konvansiyonel DMEK ile benzerdir ve endotelial greftlerin kullanılabilirliğini artırabilir.²²

E-DMEK

DMEK'nin birçok avantajına rağmen greft yerleştirme ve açmada yaşanan teknik zorluklar EndoGlide-DMEK (E-DMEK) adı verilen yeni bir cerrahi tekniğin gelişmesine yol açmıştır.^{24,25} Bu tekniğin, greft hazırlama ve yerleştirme açısından çeşitli farklılıkları vardır. Bu teknikte greft standart bir şekilde hazırlanır, ancak endotelin dışa bakması yerine forseps kullanılarak endotel içte kalacak şekilde üçe katlanır. Daha sonra bir kartuşa yüklenir ve kornea kesisinden içeri yerleştirilir (Şekil 2a-f). Graft enjekte edilmez. Onun yerine karşı kornea insizyonundan forseps ile tutularak ön kamaraya (ÖK) çekilir. Endotel grefti ÖK'ye girdiğinde, daha az manevra ile kolayca açılır. Derin bir ÖK'de greft endoteli dışa dönme eğiliminde olacağı için ÖK'nin sığ tutulması bu teknik için kritik öneme sahiptir. E-DMEK, özellikle ön segment anatomisi normal olmayan, büyük periferik ön sineşi izlenen, drenaj veya filtreleme blebi olan zor olgular için tasarlanmıştır. DSAEK greft yerleştirilmesine benzerdir, bu nedenle DSAEK cerrahisine alışkın olan cerrahların DMEK cerrahisine geçişi teknik olarak daha kolay olabilir.

Tan ve ark.²⁴, E-DMEK'nin *ex vivo* ve klinik sonuçlarını bildirmiştir. *Ex vivo* çalışmada, DMEK greftleri kalsein asetoksimetil ile boyanmış, endotel üç katlı hale getirilerek EndoGlide içine yüklenmiştir. Daha sonra gerçek bir ameliyatı simüle edecek şekilde görüntüleme kaplarında dışarı çekilmiş ve katlanmış greft açılmıştır. Dokuz insan korneasında ortalama endotel hücre kaybı %15,2±5,4 olmuştur. Klinik seride ise, endotel hücre kaybı, en az 6 ay takip edilen 69 gözde %33,6 (aralık %7,5-%80,4) bulunmuştur. Tekrar hava enjeksiyonu ve primer greft yetmezlik oranları sırasıyla %11,6 ve %1,5'tir. Sonuç olarak, iyi klinik sonuçları nedeniyle E-DMEK'nin standart DMEK için güvenli ve umut verici bir alternatif olduğunu öne sürmüşlerdir.

H-DMEK

Woo ve ark.²⁶ hibrit DMEK (H-DMEK) adı verilen yeni bir teknik geliştirmişlerdir. DMEK yaparken, DSAEK'te kullanılan

içeri çekme aleti (“pull-through inserter”) ve donör stromasını taşıyıcı olarak kullanmışlardır. Bu teknikte göz bankasında önceden yaklaşık 150 µm kalınlığında hazırlanmış olan DSAEK donör dokusu kullanılmıştır. Graft hazırlığı sırasında, DM'nin altta yatan stromadan lameller diseksiyonu için bir Tan DMEK sıyrıcısı kullanılmış, ancak DM stromadan tamamen ayrılmamıştır. DMEK grefti ve stromal taşıyıcı, EndoGlide yerleştirici aparata çift sarmal ve endotel içe dönük olacak şekilde yüklenmiştir. Yerleştirici aparat ters çevrilerek greft endotelinin aşağı bakar şekilde yerleştirilmesi sağlanmıştır. Skleral pünelenden ÖK'ye alınmıştır. DMEK greft kenarı, nazal parasetent insizyonundan ÖK'ye forseps ile çekilmiş, stromayı geride bırakarak donör stromadan tamamen ayrılması sağlanmıştır.

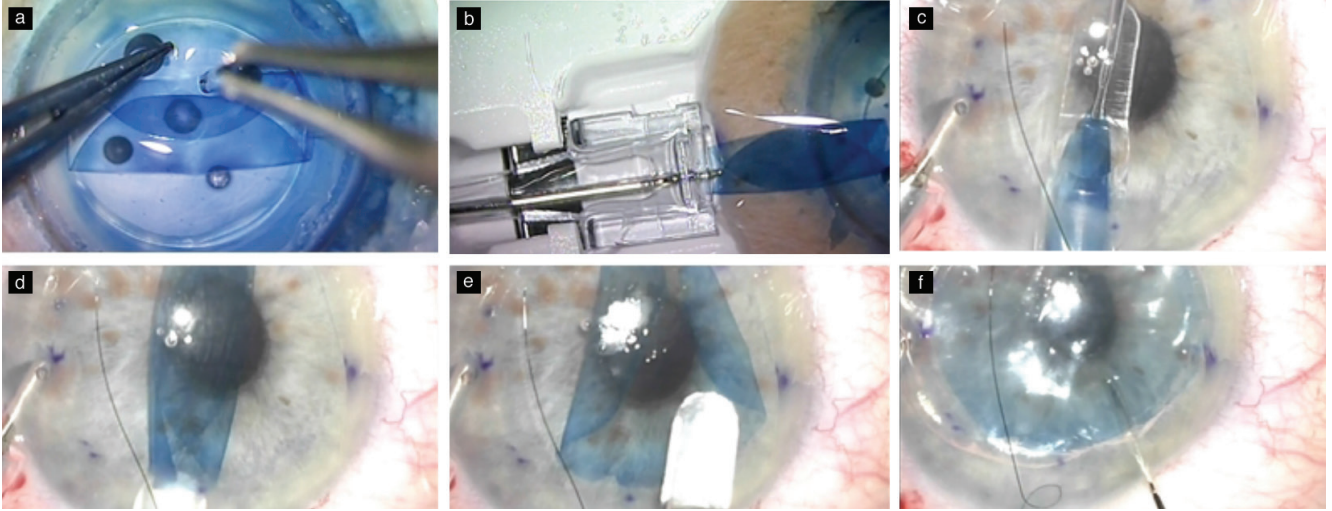
Graft, endotel içe bakacak şekilde yerleştirildiği için H-DMEK, E-DMEK'ye benzerdir. Aradaki fark greft hazırlığı sırasında ince bir stromal komponentin olmasıdır. İnce stroma, DMEK grefti için bir taşıyıcı gibi davranır. Bu fark taşıyıcıya yerleştirirken grefti tutmayı ve katlamayı kolaylaştırır. Greftin ÖK'ye alınabilmesi için 4,5 mm'lik bir insizyona ihtiyaç duyulması ve greft hazırlığının daha komplike olması bu yöntemin potansiyel dezavantajlarıdır.

Klinik çalışmaya Fuchs endotel distrofisi veya büllöz keratopatisi olan 79 hastanın 85 gözü dahil edilmiştir. Önceden oküler patolojisi olmayan gözlerden sırasıyla %44,7 ve %57,1'inde ameliyat sonrası 6. ve 12. ayda EİDGK 20/25 veya daha iyi bulunmuştur. Endotelial hücre kaybı 6. ayda %32,2 olmuştur. Yazarlar bu tekniğin komplike olgularda faydalı olabileceğini öne sürmüşlerdir.²⁶

Vitrektomi Yapılmış Gözlerde DMEK

DMEK cerrahisi endotel disfonksiyonu için popülarite kazanmasına rağmen, vitrektomili gözlerde DMEK halen bazı zorluklar içermektedir. Vitreusun arka desteğinin olmaması nedeniyle, ÖK çoğunlukla derindir ve katlanmış greftin açılması zor olabilir. Katlanmış donör dokunun açılırken aşırı manipülasyonu greft kaybına yol açabilir.²⁷ Ek olarak, grefti stromaya doğru tamponlamak için enjekte edilen hava kabarcığı, dalgalanan iris lens diyaframı nedeniyle daha az etkili olabilir.²⁸ Enjekte edilen hava arkaya doğru hareket etme eğilimi gösterdiğinden tekrarlayan glob kollapsı önemli bir sorundur. Ayrıca DMEK grefti vitreus kavitesine geçebilmektedir.^{29,30} Ancak, zorluklar cerrahları DMEK yapmaya devam etmekten vazgeçirmemelidir, çünkü bu gözlerde daha iyi sonuçlar almak için yararlanılabilecek bazı cerrahi modifikasyonlar tanımlanmıştır. Katlanmış DMEK greftinin açılmasında ana etken sığ ve stabil bir ÖK'dir. Ayrıca bu gözlerde donör yaşı önemlidir. Elastin düzeylerinde yaşa bağlı azalma, kollajen kompozisyonunda değişiklik ve nonenzimatik glikozilasyonda artış DM rijiditesinde artışa neden olmaktadır.³¹ Bu nedenle yaşlı donör greftleri daha kolay açılır ve bu gözler için daha uygundur.

Yoeuek ve ark.³² ileri miyopik vitrektomili gözlerde greftin açılması için yeni bir manevra denemişlerdir. Bu manevra DMEK greftini yerleştirdikten sonra, ekvatoryal bölgeye parmakla bası uygularken aynı zamanda kornea yüzeyine hafifçe vurulmasından



Şekil 2. Endoglide Descemet membranı endotelial keratoplasti (E - DMEK) işleminin basamakları. a) Endotele dokunmama tekniği kullanılarak üçe katlama. b) DMEK greftinin 23G düz forseps kullanılarak DMEK Endoglide'a yüklenmesi. c) DMEK Endoglide'ın 2,6 mm'lik net kornea kesisinden ön kamaraya (ÖK) alınması – ÖK'nin gerektiği gibi derinleşmesini sağlamak için çift portlu 23G ÖK koruyucusu (ASICO) ve önceden yerleştirilen doku kullanılacaktır; d) Greft içeri çekildikçe, doğal olarak endotelium dışı dönmek istediği için derin bir ÖK'de endotelium aşağı bakacak şekilde kendiliğinden açılacaktır. e) Greft açılırken, gerekirse greftin arka yapraklarının açılmasını artırmak için korneaya hafifçe vurulabilir. f) Greft açıldıktan sonra hava kabarcığı daha fazla gazla genişletilir

oluşmaktadır. Bu manevra sırasında greftin üstünde veya altında hava enjeksiyonu kullanmaktan kaçınmışlardır.³² Greft merkezledikten ve açıldıktan sonra, arka stromaya apozisyon için greftin altına hava enjekte edilmiştir. ÖK tamamen havayla doldurulmuştur. Sonuçlarını ilk olarak 6 Fuchs endotelial distrofisi ve 4 büllöz keratopatili gözden oluşan bir olgu serisinde yayımlamışlardır.³² On gözün üçünde greft dekolmanı görülmüş ve tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerekmiştir, ancak takip süresi boyunca greft kaybı gelişmemiştir. Bu teknik Fuchs endotelial distrofi ve büllöz keratopatili gözlerde oldukça iyi çalışmasına rağmen, vitrektomili gözlerde zorluklar yaşanmıştır. DMEK cerrahisi geçiren 20 vitrektomili gözde yaptıkları geriye dönük klinik çalışmada, gözlerin 13'ünde intraoperatif önemli komplikasyonlar geliştiğini göstermişlerdir.²⁹ Birkaç olguda intraoperatif düzeltici işlemler oldukça zor olmuş ve bazılarında iatrojenik intraoküler hasar gelişmiştir. Greftin açılması oldukça zor olmuştur. On bir gözde greft yer değiştirmiş ve ikisinde iatrojenik primer greft kaybı meydana gelmiştir.

Sorkin ve ark.²⁷ arka pars plana infüzyonu kullanarak vitrektomili gözlerde DMEK yapmışlardır. Bu teknikte, DMEK greftleri "F" işareti ile hazırlandıktan sonra³³, limbua 3,0 mm uzaklıktaki alt temporal kadrana 23 gauge trokar yerleştirilmiştir. İnfüzyon basıncı, ÖK'nin stabilitesine bağlı olarak 5-26 mmHg arasında ayarlanmıştır. Descemetoreksis sonrası greftin içeri yerleştirilmesi için cam pipet veya göz içi lens (GİL) enjektörü kullanılmıştır. Pars plana infüzyonu, optimum göz basıncı ve ÖK'nin sığ kalmasını sağlamak için açılıp kapatılmıştır. Bu, greftin açılmasını ve yerleştirilmesini kolaylaştırmıştır. Açılma esnasında Yoeruek ve ark.'nın³² hafif vurma tekniği (parmakla harici basınç uygulaması ile korneaya vurulması) kullanılmıştır. Greft açılıp yerleştirildikten sonra arka infüzyon kapatılmış ve ÖK hava ile doldurulmuştur. Trokar gözden

çıkarılarak kornea insizyonları ve sızıntı izlenen sklerotomi bölgeleri sütüre edilmiştir. Yazarlar bu tekniği 12 vitrektomili göze uyguladıklarını, bir greft dekolmanı geliştiğini ve tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.²⁷ İzlem süresinde greft kaybı yaşanmamıştır. Aynı grup tarafından yapılan bir başka çalışmada ise 2 yıla kadar olan uzun dönem sonuçlar değerlendirilmiştir.²⁸ On beş gözün 5'inde retina dekolmanı, retinoskizis ve kistoid maküler ödem dahil olmak üzere retina komplikasyonları geliştiğini bildirmişlerdir. Arka pars plana infüzyonu vitrektomili gözlerde intraoperatif ve postoperatif komplikasyonları potansiyel olarak azaltabilse de, yazarlar infüzyon kullanımının retinal komplikasyon risklerini artırabileceği konusunda uyarılmışlardır.

Vitrektomili bazı gözlerde GİL sütüre edilmiş olabilir. Bu hastalarda, DMEK greftinin açılması için birkaç manevra gerekebilir.^{32,34} Bu gözler tek kamaralıdır ve bu durum greftin arka kaviteye geçmesine neden olabilir. Ayrıca glob çökmeye eğilimlidir, bu da greftin açılmasını oldukça zorlaştırır.^{27,29,35} Hayashi ve Kobayashi³⁶ "vitrektomili gözler için DMEK'de çift kabarcık tekniği" olarak adlandırılan modifiye bir teknik tanımlamışlardır. Bu, küçük bir hava kabarcığı ile greft açma manevrasının (Dapena manevrası) bir modifikasyonudur.³⁷ Bu teknikte DMEK grefti yerleştirildikten sonra üzerine küçük bir hava kabarcığı konularak açılması sağlanır ve fiksasyon için ise greftin altına büyük bir kabarcık enjekte edilmektedir. Periferik kenarlar tutunmadıysa, kenarları açmak için kabarcık-çarpma manevraları uyguladılar. Açılma süresi nispeten uzun olmasına rağmen, tüm ameliyatlar başarılıydı. Takip döneminde bir göze tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerekmiştir.

Yirmi üç gauge infüzyon kullanılması globu stabilize etmeye yardımcı olsa da, donör greftinin açılması, güçlü tekrar katlanma eğilimi nedeniyle hala bir sorundur. Ekvatoryal bölgeye parmakla

bası yapılması ve korneaya hafifçe vurulması teknikleri özellikle parsiyel vitrektomili gözlerde faydalıdır. Vitreusu tamamen çıkarılmış gözler halen zordur. Normal gözlerde, vitreus bir karşı basınç uygular ve iris-lens diyaframının hareketini sınırlar. İris lens diyafram stabilitesi DMEK cerrahisi için gerekli olduğundan, Yoeruek ve Bartz-Schmidt³⁸ greftin daha kolay açılması için geçici bir diyafram kullanarak yeni bir teknik tanımlamışlardır. Descemetoreksisi takiben çift ÖK oluşturmak için periferde delikler olan 12,8 mm boyutunda hidrofilik metakrilat levha ÖK'ye implante edilmiştir. DMEK grefti hidrofilik metakrilat levha üzerinden ÖK'ye enjekte edilerek açılmıştır. Otuz gauge kanülün sürekli hava enjeksiyonu altında, hidrofilik metakrilat levha çıkarılmıştır. Daha uzun süreli tamponad için %20 konsantrasyonda sülfür heksaflorür gazı tercih edilmiştir. Bu yöntemle DMEK yapılan 7 hastanın 7'sinde intraoperatif veya postoperatif komplikasyon gelişmemiştir. Karadağ ve ark.³⁹ aynı amaç için hidrofilik metakrilat levha yerine arka kornea stromasını kullanmaya çalışmışlardır.

Saad ve ark.⁴⁰, DMEK yapılan 11 hastanın 11 gözünde C-pres tekniğini tanımlamıştır. Vitrektomili gözlerde pars plana infüzyonu ve çift kabarcık tekniği ile yaşadıkları deneyimin her olguda tekrarlanabilir olmadığını, bu nedenle yeni bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir. Descemetoreksis ve ÖK'ye DMEK ile greft yerleştirildikten sonra greftin doğru oryantasyonda olması intraoperatif optik koherens tomografi ile sağlanmıştır. Daha sonra grefte (Descemet tarafı) bir kanül yerleştirilmiş ve dengeli tuz çözeltisi ile yıkanarak açılması için sağa sola hareket ettirilmiştir. Aynı anda, diğer elde tutulan ikinci bir kanül santral korneaya dışarıdan bastırılır. Bu basınç ile ÖK'nin sıkıştırılması greftin açık kalmasını sağlamıştır. Daha sonra ilk kanül çıkarılmış ve %20 SF6 gazı enjekte edilmiştir. İntraoperatif komplikasyonla karşılaşılmamış ancak parsiyel greft dekolmanı için 2 olguya tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerekmiştir. Açılma süresinin daha kısa ve komplikasyon oranlarının düşük olması bu tekniğin avantajlarıdır.

Bu gelişen teknikler, tüm vitrektomili gözler için uygun standart, basit bir yaklaşımımızın olmadığını göstermektedir. Gerektiğinde kolayca kullanabilmek için farklı yöntemlere aşına olunması önerilir.

Başarısız PK'den Sonra DMEK

PK sonrası greft yaşlandıkça sekonder greft yetmezliği ve geç endotelial dekompanzasyonun artması olasıdır. Geçmişte, başarısız PK'den sonra tek tedavi seçeneği PK tekrarı ve keratoprotez implantasyonuydu.^{41,42} Yakın zamanda, EK ile başarısız PK greftlerde endotelial fonksiyonunun restorasyonu mümkün olmuş ve tam kat greft ihtiyacı bu sayede azalmıştır. Bu, rejeksiyon ve refraktif değişiklik riskini azaltmakta ve "açık gökyüzü" cerrahisi ile ilişkili komplikasyonlardan kaçınılması olmaktadır.^{43,44,45,46} DMEK ile başarısız PK hastalarında kabul edilebilir sonuçlara ulaşılabilir. Ancak, son literatür, %26-100 arasında değişen yüksek bir postoperatif greft dekolmanı oranı ile ilişkili olduğunu göstermektedir.^{45,46,47,48} Bununla birlikte, DMEK greftinin ince ve esnek olması nedeniyle,

"daha sert" DSAEK greftine kıyasla DMEK greftleri ile daha iyi bir apozisyon elde edilebilir. Ayrıca, DMEK greftleri düzensiz arka yüzey ve PK skarına daha uyumludur ve daha fazla yüzey alanını kaplayabilir.⁴⁹ Lavy ve ark.⁴⁶ 11 DMEK cerrahisinin klinik sonuçlarını sekonder PK yetmezliği açısından değerlendirmişlerdir. Bu hastalara DMEK yapılırken kullanılan bazı cerrahi modifikasyonlar ve spesifik manipülasyonları tanımlamışlardır. Olası alıcı greft yara açılmasını önlemek için PK greft penetre edilmeden alıcı periferik kornea rimine 3,0 mm genişliğinde kornea insizyonu yapılmıştır. Descemetoreksis, PK greftin santral bölgesinden başlanmış ve ters Sinskey kancası kullanılarak hava altında kapsülöreksis gibi eğrisel bir patern kullanılarak büyütülmüştür. Ameliyatın kalan kısmı rutin DMEK cerrahisi idi (Şekil 3a). Yazarlar, PK greft-alıcı bileşkesinde oluşan dairesel skarın bazen DMEK greftinin kenarlarını bulanıklaştırdığını ve her zaman görmenin mümkün olmadığını belirtmişlerdir. On bir gözün dördüne tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerektiğini ve 11 gözün 7'sinde son izlemde korneanın saydam olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca hastanın ölümünden sonra yapılan histopatolojik incelemede başarısız PK greftli gözlerde greft tutunmasının ara yüzey skarı ile sağlanabileceğini göstermişlerdir. Klinik olarak dekolman görülen alanları içeren örneklerde PK yara alanından santral ve periferik greft alanlarına uzanan yeni oluşmuş fibrotik doku tabakası izlenmiştir. Skar dokusu oluşumu normal bir yara iyileşme süreci olsa da, fibrotik yanıt primer DMEK'li gözlerden daha agresif bulunmuş ve bu da diffüz ara yüzey bulanıklığına neden olmuştur. Sonuç olarak, üç önemli nokta vurgulanmıştır: tekrar hava enjeksiyonu gerekebilecek gecikmiş DMEK greft dekolmanı olabilir. İkincisi, büyük boyutlu DMEK greftleri ayrılmaya daha yatkındır. Üçüncüsü, ameliyat sonunda göze yeterli basınç uygulanması kritik öneme sahiptir. Aksi takdirde, hipotoni greftin ayrılmasına neden olabilir.

Pasari ve ark.⁴², başarısız PK'li 77 hastanın 84 gözüne yapılan 93 DMEK işlemini incelemiştir. Soyma işlemi greft-alıcı bileşkesinden kaçınılarak ve PK yara kenarı içinde kalınarak yapılmıştır. Donör greft çapına karar vermek için operasyon sırasında başarısız PK greft çapı, alıcı yatay kornea beyazdan beyaza çap ve ÖK derinliği değerlendirildi. Greft büyük boyutlu, eş boyutlu veya küçük boyutlu oldu. Bu hastaların 4 yıllık greft sağkalım oranı %76 olarak bulunmuştur. Ayrıca daha önce yapılan glokom cerrahisinin greft yetmezliği için tek risk faktörü olduğunu göstermişlerdir. Ek olarak, greft boyutuna bağlı olarak tekrar hava enjeksiyonu oranları değişmektedir. DMEK greft çapı büyük olduğunda %53, eş boyutta olduğunda %27 ve küçük boyutta olduğunda %33 oranla gerekmektedir.

Başarısız PK'den sonra DMEK ameliyatı, travmatik DM soyulmasının neden olduğu DM artıkları veya stromal lifler nedeniyle zor olabilir. Manevralar DM greft adezyonunu etkileyebilir ve greft dekolman riskini artırabilir. Bazı yazarlar, başarısız olan greftin DM'si çıkarılmadan DMEK yapılabileceğini ileri sürmüştür.⁵⁰ Alio Del Barrio ve ark.⁵¹, Descemet soymadan yapılan DMEK yöntemini (NS-DMEK) kullanmış ve PK donör-alıcı birleşim yerinden kaçınmak için eş veya küçük

boyutlu 0,25-0,50 mm greftler kullanılmasını önermişlerdir. Ayrıca greft dekolmanı riskini azaltmak için SF6 tamponadı kullanmışlardır. Çalışmaya dahil edilen sekiz PK'li hastanın tamamında iki hafta içinde greft saydamlığı sağlanmıştır. Bir hastaya tekrar hava enjeksiyonu yapılması, bir başka hastaya ise alıcı-donör birleşkesinin ayrılması nedeniyle yeniden PK sütürü atılması gerekmiştir. Bu teknik ile başarısız olan PK hastalarında DMEK cerrahisi basitleştirilmiş ve intraoperatif komplikasyonlardan kaçınılmıştır.

Son zamanlarda stroma skarı olmayan ve ÖK anatomisi normal olan başarısız PK hastalarında femtosaniye lazer destekli descemetoreksis yapılması önerilmektedir.^{27,52,53} Sorkin ve ark.⁵⁴ 8 başarısız PK hastasında femtosaniye lazer destekli DMEK yapmışlardır. Bu teknikte greft ayrışmasını ve tam olmayan insizyonu önlemek için descemetoreksis PK greftten 0,25 mm daha küçük planlanmıştır.⁵⁵ Intralase iFS femtosaniye platformu, kesin olarak konumlanmış derin bir dikey halka kesilmesini sağlamıştır.⁵³ Daha sonra DM, ters bir Sinskey kancası kullanılarak stromadan ayrılmıştır. Stromaya derin diseksiyon yapılmasından kaçınılmıştır. Ameliyatın geri kalanı standart DMEK ile benzerdi. Bu çalışmada hiçbir olguya tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerekmemiş ve sadece bir gözde (%12,5) kornea saydamlığı ve görmeyi etkilemeyen küçük bir greft dekolmanı ortaya çıkmıştır. Aynı grup, başarısız PK için manuel (M) ve femtosaniye lazer destekli (F) DMEK sonuçlarını karşılaştırdı.⁵⁶ Başarısız PK hastalarında F-DMEK'in etkili ve güvenli olduğunu ve tekrar hava enjeksiyonu oranları M-DMEK'ye göre daha düşük olduğunu gösterdiler. Primer yetmezlik F-DMEK'te daha düşüktü, ancak M-DMEK'ye göre anlamlı bir fark yoktu. Görme sonuçları ve postoperatif hücre dansiteleri gruplar arasında benzer bulunmuştur. Dekolman oranındaki azalmanın kesin nedeni bilinmese de, yazarlar F-DMEK'nin alıcı DM'sinin tam olarak çıkarılmasını sağlayarak daha az Descemet kalıntısı ve ada oluşumuna yol açtığını öne sürmüşlerdir. Ayrıca descemetoreksisin periferinde kalan alıcı DM hasar görmez. F-DMEK umut verici görünse de, veriler şu anda 10 hasta ile sınırlıdır.

Glokom Ameliyatı Geçiren Gözlerde DMEK

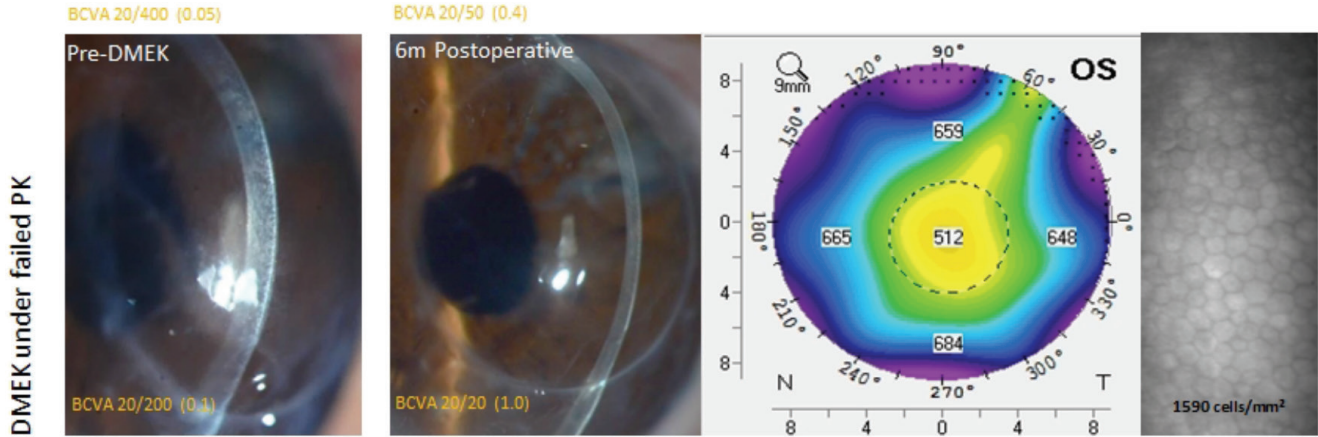
Glokom, hem cerrahi hem de immünolojik zorluklar nedeniyle PK, DSAEK ve DMEK'de greft yetmezliği için yüksek risk oluşturur. Teknik olarak, glokom cerrahisi geçirmiş bir gözde DMEK grefti yerleştirmek daha zordur, çünkü bu gözlerde genellikle birkaç ameliyat yapılmasını gerektiren sineşi, afaki, tüpler veya pupilla bozuklukları gibi komorbiditeler vardır.⁵⁷ Havayı ÖK'de tutmak daha zordur. Bu teknik zorluklar aynı zamanda cerrahi sürenin uzamasına ve ekstra manevralara neden olarak sekonder greft yetmezliğine yol açan endotel kaybının artmasına neden olur. Ön sineşi lizisi ve tüpün traşlanması bu komplike gözlerde kullanılan ek tekniklerden bazılarıdır. İmmünolojik olarak, aköz içeriğini değiştirdiği için glokom cerrahisinden sonra göz bağıışıklık açısından ayrıcalığını kaybeder.⁵⁸

Aravena ve ark.⁵⁷ daha önce trabekülektomi yapılan veya drenaj cihazı yerleştirilen gözlerde DMEK'in erken sonuçlarını

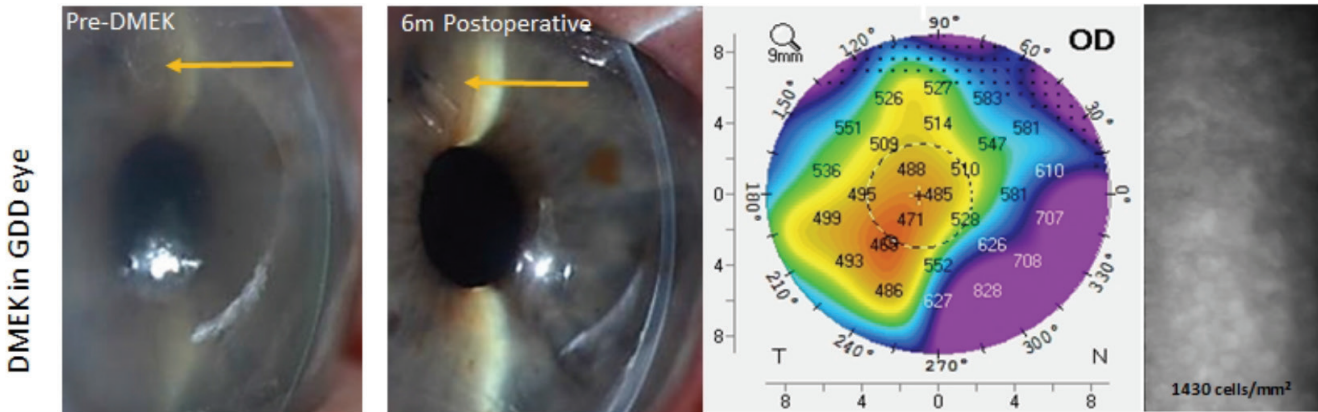
bildirmişlerdir. Şaşırtıcı bir şekilde, ameliyat sonrası ilk yılda sekonder yetmezlik ile karşılaşılma olmamıştır. Birbal ve ark.⁵⁹ greft sağkalımının 1 yılda %89'dan 2 yılda %67'ye düştüğünü gösterdikten sonra bu konuda benzer çalışmalar yapılmıştır. Pasari ve ark.⁴², greft sağkalım olasılığının 1 yılda %78'den 3 yılda %39'a kademeli olarak düştüğünü göstermiştir. Sorkin ve ark.⁶⁰ zamanla greft sağkalımında bir düşüş eğilimi olduğunu gösteren önceki çalışmalara dayanarak 4 yıllık greft sağkalımını araştırmışlardır. Postoperatif üçüncü ve dördüncü yıllarda sağkalımda azalma olduğunu, kümülatif 2, 3 ve 4 yıllık DMEK sağkalım olasılıklarının sırasıyla %60, %43 ve %27 olduğunu bildirmişlerdir.^{28,57,61} Graft sağkalımı glokom drenaj implantı (GDİ) olmayan gözlerde GDİ olan gözlerle göre daha iyi olsa da, kontrol grubuna göre greft yetmezliğine daha yatkındırlar, bu da glokomun kendisinin DMEK greftlerinin uzun dönem sağkalımını etkilediğini düşündürmektedir. Graft yetmezliğinin ötesinde kontrol grubuna göre red oranının anlamlı düzeyde yüksek olduğunu (%19,6'ya karşı %2,3, p=0,01) göstermişlerdir.⁶⁰ Daha önce glokom cerrahisi geçiren gözlerde kan-aköz bariyerin bozulmasına bağlı bazal enflamasyon düzeyinin yüksek olması bu farklılığın nedenlerinden biri olabilir.

Glokom cerrahisi geçiren hastalarda endotel hücre kaybı diğer önemli bir husustur. Red ilişkili hücre kaybına ek olarak, aköz ortamdaki değişiklikler de bu gözlerde devam eden hücre kaybına katkıda bulunabilir.⁵⁸ Aravena ve ark.⁵⁷ yaptıkları çalışmada endotel hücre kaybının cerrahi grubunda (%44,6±%17,8), medikal tedavi (%29,9±%12,0) ve kontrol gruplarından (%32,7±%11,3, p=0,001) daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Glokom cerrahisi sonrası endotel apoptozunda enflamasyon, oksidatif stres, artmış plazma proteinleri gibi bazı potansiyel faktörler rol oynamaktadır.^{62,63} Sorkin ve ark.⁶⁰ endotel hücre kaybı eğilimi ile ilgili başka bir noktaya değinmişlerdir. Endotel hücre kaybı postoperatif ilk 6. ay en yüksekti (yaklaşık %44), bu bulgu diğer DMEK olguları ile benzerdi. Bundan sonra, glokomlu hastalarda endotel hücre kaybı yaklaşık %12-22 daha yüksek bulunmuştur. Endotel hücre kaybı açısından anlamlı fark izlem süresi boyunca devam etmiştir.

Glokom cerrahisi geçirmiş olmanın dışında, greft sağkalımı ve endotel hücre kaybı için tüp pozisyonu oldukça önemlidir. Aralıklı tüp-uvea teması kornea endotel hasarına neden olabilir. Bu nedenle GDİ hastalarında bazı teknik modifikasyonlar önerilmektedir. Saat 12 hizasında 3,0 mm'lik saydam kornea insizyonu yapılırken GDİ bölgesinden kaçınılmalı ve ileride yapılacak glokom cerrahileri düşünülerek üst konjonktivadan uzak durulmalıdır. Graft içeri yerleştirilirken greft ile tübün teması engellenmelidir. Graftin daha iyi konumlandırılabilmesi için tüp kısaltılabilir. Ek olarak, Descemet greftinin açılması iris üzerinden değil tüp üzerinde yapılmalıdır (Şekil 3b). Bu, bazı olgularda zor olabilir; bu nedenle, Oganessian ve ark.⁶⁴ üç hastada modifiye edilmiş "üç çeyrek DMEK tekniğini" (3/4-DMEK) tasarlamış ve değerlendirmişlerdir. Tüm hastalara daha önce Ahmed valvi implante edilmişti ve hastalar psödofakikti. Graft hazırlığı



Şekil 3a. Penetran keratoplasti grefti başarısız olan bir göze ait Descemet membranı endotelial keratoplasti öncesi ve sonrası biyomikroskop görüntüleri, postoperatif pakimetri haritası ve spekül mikroskopi görüntüsü



Şekil 3b. Üst temporal bölgede glokom drenaj implantı olan (turuncu oklar) gözün Descemet membranı endotelial keratoplasti öncesi ve sonrası biyomikroskop görüntüleri, postoperatif pakimetri haritası ve spekül mikroskopi görüntüsü

sırasında DM arka stromadan soyulmuş ve yumuşak kontakt lens takılmıştır. Keratomla (MANI Inc, Tokyo, Japonya) yapılan iki dik kesi greftin dörtte birini ayırmaya ve 3/4-DMEK grefti oluşturmaya yardımcı olmuştur. Alıcı korneada GDİ altındaki alan korunarak 11-12 mm çapında descemetoreksis yapılmıştır. Greft açılırken eksik olan 1/4 greft alanı tüp bölgesine göre ayarlanmış ve 3/4-DMEK grefti santral olarak yerleştirilmiştir. ÖK %100 hava ile doldurulmuştur. Tüm DMEK ameliyatları komplikasyonsuz olarak tamamlanmış ve greftler postoperatif 24 aya kadar stabil kalmıştı. Endotelial hücre kaybı, konvansiyonel DMEK'de olduğu gibi ilk bir yıllık sürede önceki çalışmalarla benzerdi (%49-%64).^{59,60,65} Tüp altında greft olmaması greft ile direkt tüp temasını engellemiş olup greftin postoperatif sağ kalımı için faydalı olabilir. Alıcı DM'nin tüpün altında sağlam bırakılarak greftten alıcı stromaya olası hücre göçü en aza indirilmiştir. Bu tekniğin umut verici sonuçlarına rağmen, uzun süreli izlem ve daha çok hastanın dahil edildiği olgu serilerine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

GDİ'nin mekanik etkisi, filtre edici ostium veya tüpten havanın aktif filtrasyonu ve büyük iridektomiden havanın arkaya kaçışı, greft dekolmanı ve tekrar hava enjeksiyonu oranlarının yüksek olmasından (%22,0-%23,5) sorumlu tutulan faktörlerden bazılarıdır.^{57,59} Bu yaygın inanışın aksine, Sorkin ve ark.⁶⁰ bu hastalarda dekolman ve tekrar hava enjeksiyonu gereksinimi oranlarında artış bulmamıştır. Ayrıca glokomatöz gözlerde preoperatif görme potansiyelini tahmin etmenin zor olduğunu, bunun nedeninin ise GİB'nin yeterli düzeyde kontrol edilip edilemediğinin bilinmemesine ve uzun süren kornea ödemeine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu zorluğa rağmen, hastaların %85'inde GK düzelmiş ve hiçbir hastada primer başarısızlık gözlenmemiştir.

Daha önce glokom cerrahisi geçiren hastalarda DMEK zorluklar içeriyor gibi görünse de, bazı kritik basamaklar ve modifikasyonlar göz önünde bulundurularak yapılmaya devam edilmelidir. Greft sağkalımı sadece DMEK'de değil diğer tüm keratoplasti tekniklerinde azalmaktadır. Bu nedenle, bu hastalara ileride tekrar greft yapılma riski olmasına rağmen DMEK olma fırsatı verilmelidir.

DMEK ve Katarakt Cerrahisi

Fakik hastalarda sıklıkla üçlü DMEK (eş zamanlı DMEK, katarakt cerrahisi ve GİL implantasyonu) tercih edilse de, bu işlem tahmin edilmesi zor bir refraktif kaymaya yol açabilir. Yakın zamanda yapılan bazı çalışmalarda DMEK sonrası küçük bir hiperopik kayma meydana gelebildiği gösterilmiştir.^{66,67,68,69} Bu nedenle bu çalışmalarda, GİL seçimi sırasında DMEK'den sonra emetropi veya hafif miyopinin sağlanabilmesi için refraktif hedefin -0,50 ila -1,0 D olması önerilmiştir. Ancak özellikle ileri evre Fuchs endotelial distrofi olguları gibi bazı olgularda ön kurvatur değişikliklerine bağlı olarak ileri hiperopik ve miyopik kaymalar izlenmiştir.⁶⁶ Doğru GİL seçimi dışında, endotelial hücre dansitesi azalması ve DMEK greft dekolmanı oranı da bu olgularda diğer endişe kaynaklarıdır.^{70,71,72,73}

Son yıllarda yapılan çalışmalarda üçlü DMEK sırasında çeşitli yaklaşımlar uygulanmıştır. Laaser ve ark.'nın⁷¹ GİL seçiminde refraktif güç hedefi -0,75 D olmuştur. Endotelial hücre fonksiyonu veya greft adezyonu üzerine üçlü girişimin herhangi bir olumsuz etkisini saptamamışlardır. Schoenberg ve ark.⁷³, DMEK sonrası +0,50 D hiperopik kayma bekledikleri için GİL hesaplamasından -0,50 D kaymayı hedeflemiştir. Postoperatif sferik eşdeğer medyan değeri 0,0 D (-0,25 ila 0,25 aralığında) bulunmuş ve astigmatik bir değişiklik izlenmemiştir.

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda 6. aydan sonra ortalama endotelial hücre kaybı %26 ila %40 arasındadır.^{70,71,72} Psödofoak ve üçlü DMEK prosedürü yapılan gözler arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır.^{70,74} Üçlü DMEK prosedürü yapılan gözlerde görme sonuçlarının daha iyi olduğu bildirilmiştir. Görme sonuçları umut verici olsa da, katarakt cerrahisi sırasında korneanın aşırı hidrasyonu ve viskoelastik kullanımı, üçlü DMEK'te greft tutunmasına engel olabilir.⁷⁰ Greftin içeriye yerleştirilmesi sırasında viskoelastik maddenin uzaklaştırılması çok önemlidir. Diğer bir kritik nokta, ikinci gözün refraktif kaymasının ilk gözün kaymasını izleyebileceğidir. Bu nedenle, ilk göz, ikinci gözün ileride yapılacak ameliyatı için bir referans noktası olabilir.⁷⁵

Kornea astigmatizmasını nötralize etmek için torik GİL kullanılması gerekmesi, üçlü girişim için önemli bir sorun olabilir. Yokogawa ve ark.⁷⁶, Fuchs kornea distrofisi için katarakt ekstraksiyonu, torik GİL implantasyonu ve DMEK cerrahisi yapılan 10 hastanın 15 gözünü değerlendirmiştir. Keratoskopi ölçümleri Scheimpflug kornea görüntülemesi ile yapılmış ve çevrimiçi bir torik hesaplayıcı kullanılarak torik GİL'lerin silindirik gücü hesaplanmıştır. DMEK cerrahisinde görülen hafif ortalama hiperopik kayma nedeniyle sferik hedef -0,50 ile -1,00 D arası bir değer olarak belirlenmiştir. Ameliyat sonrası gözlerin %61,5'inde düzeltilmemiş uzak görme keskinliği 20/40'tan daha iyi bir değere ulaşmış ve ortalama gözlükle düzeltilmiş en iyi uzak görme keskinliği (logMAR) 0,21±0,15'ten 0,08±0,12'ye yükselmiştir (p<0,01). Refraktif astigmatizma da postoperatif dönemde 2,23±1,10 D'den (aralık: 0,75-4,25 D) anlamlı bir azalma göstererek 0,87±0,75 D'ye (aralık: 0,00-3,00 D) düşmüştür (p<0,01). Bir gözde 43 derecelik rotasyonel sapma

nedeniyle iyileşme gözlenmemiştir. Astigmatizmanın kornea düzlemindeki tahmin hatası 0,77±0,54 D (aralık 0,10-1,77 D) bulunmuştur. Preoperatif kurala uygun kornea astigmatizması olan dört gözde postoperatif kurala aykırı refraktif astigmatizma görülmüştür. Yazarlar, GİL'nin saat yönünde dönmesini önlemek için DMEK grefti yerleştirildikten sonra GİL hizalamasının tekrar kontrol edilmesinin önemini vurgulamışlardır.

Katarakt yoksa, fakoemülsifikasyon DMEK'den sonraya ertelenebilir.⁷⁷ Ancak DMEK sonrası fakoemülsifikasyon yapılması gerekiyorsa, greft fonksiyonu üzerindeki potansiyel etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. DMEK greftleri alıcı arka stromasına "işlem görmemiş" DM'den daha güçlü yapılmaya eğilimli olduğundan, katarakt cerrahisi sırasındaki manipülasyonlar DMEK greft kayması açısından potansiyel bir risk oluşturmayabilir.⁷⁸ Musa ve ark.⁷⁹, DMEK sonrası fakoemülsifikasyon sonuçlarını incelemiş ve bu gözlerde herhangi bir greft kayması veya dekolmanı izlenmediğini bildirmiştir. Refraktif sonuç çoğunlukla ±0,50 D'dir.^{72,79,80} Bununla birlikte, donör endotelial hücre dansitesi DMEK geçiren gözlerde önemli ölçüde azalmıştır.⁷⁹ Bu çalışmaya, yüksek riskli gözler (örneğin, birden çok göz içi cerrahi, ileri glokom) dahil edilmiştir. DMEK greft endotelinin travmaya karşı direncinin "işlem görmemiş" endotel kadar iyi olmayabileceğinden bahsedilmiştir.

DMEK nedeniyle hiperopik bir kayma beklenen bir sonuçtur. Üçlü girişimde bazı özel ayarlamalar gerekebilir. Ancak DMEK sonrası katarakt cerrahisi daha öngörülebilirdir. Bu nedenle, bu durumda belirli bir nomogram zorunlu değildir.

Kompleks Ön Segment Değişikliklerinde DMEK

Fuchs endotel distrofisi standart endikasyonunun dışında DMEK, iriste ön sineşi, büyük iris defektleri, iridokorneal-endotelial (IKE) sendrom, afaki, arka kamara (AK) GİL subluksasyonu, ÖK GİL, fakik GİL ve akut kornea hidropsu gibi karmaşık preoperatif durumlarda bile endotelial dekompanasyonda rutin bir girişim olarak kullanılabilir. Bu durumlarda temel amaç, hastaları DMEK ile tedavi ederken intraoperatif veya preoperatif olarak iris ve iris-lens diyaframını yeniden yapılandırmaktır. Greft boyutu mevcut boşluğa göre seçilmelidir, örneğin, ön sineşi olan gözler daha küçük çaplı bir greft kullanılmasını gerektirebilir.⁸¹

Weller ve ark.⁸² endotelial dekompanzasyon ile komplike 24 göze ait verileri sunmuşlardır. IKE sendromu, afaki, AK GİL subluksasyonu ve ÖK GİL gözlerde DMEK yapmışlardır. IKE sendromlu gözlerde (3 göz) kamara açısının açılışına müdahale eden ön sineşi, korektopi ve sığ bir ÖK olduğunu bildirmişlerdir. İki gözde DMEK ile birlikte sineşiyoliz yapılması gerekmiş ve iki gözde tekrar hava enjeksiyonu yapılmıştır. Ancak izlemlerde greft yetmezliği izlenmemiştir. Afak gözlerde, skleral sütürle AK GİL implantasyonu yoluyla iris-lens diyaframının stabilize edilmesi ilk adım olarak yapılmıştır. GİL subluksasyonu veya ÖK GİL olan gözlerde, GİL eksplantasyonu ve skleral sütürle AK GİL implantasyonu veya mevcut GİL'nin skleral sütür

ile fiksasyonu yapılmıştır. Gerekliğinde pupilloplasti veya ön vitrektomi gibi ileri cerrahi girişimler yapılmıştır. Ortalama 5±4 ay sonra DMEK gerçekleştirilmiştir. Dört gözde tekrar hava enjeksiyonu yapılması gerekmiş, ancak postoperatif izlemlerde greft yetmezliği izlenmemiştir. Yazarlar sineşinin derecesine bağlı olarak İKE sendromunda greft çapının önemini vurgulamışlardır. Greft çapının belirlenmesinde serbest retrokorneal yüzey anlamlıdır. Ayrıca, yazarlar, stabilizasyon bir ÖK'de greft kaymasını önlemek için GİL sorunu olan gözlerde iki aşamalı bir prosedür önermişlerdir.

Diğer bir çalışmada İKE (4 göz) veya arka polimorf kornea distrofisi (4 göz) olan toplam sekiz göze DMEK yapılmıştır.⁸³ Gözlerin üçünde gonyosineşiyoliz, bir gözde ise DMEK ile birlikte iridoplasti yapılmıştır. EİDGK tüm gözlerde artmıştır. Takiplerde greft yetmezliği veya greft rejeksiyonu gözlenmemiştir. DMEK ile sadece hastalıklı santral endotel değiştirilir; ancak İKE sendromu veya arka polimorf distrofi tedavi edilmez. Cerrahi sonrası periferik korneada patolojik endotel hücreleri kalabilir. Bu hücreler ileride kornea dekompanzasyonunu indükleyebilir, ancak greft sınırı periferden merkezi korneaya hücre göçünü geciktiren mekanik bir bariyer gibi davranabilir. İKE sendromunda glokom tedavisi zor olabilir. Hohberger ve ark.⁸⁴, DMEK sonrası mikro bypass Xen Jel stenti takılan bir olguyu sunmuşlardır. DMEK sonrası mikroinvaziv cerrahinin daha az yan etkisi olduğu ve iyi GİB regülasyonu sağladığı sonucuna varmışlardır.

Sonuç

Amerika Göz Bankası Birliği'nden (Eye Bank Association of America, EBAA) elde edilen veriler, 2004-2014 yılları arasında PK oranının yarıya (%95'ten %42'ye) düştüğünü ve yerini lameller keratoplasti tekniklerine (%5'ten %55'e) bıraktığını göstermektedir.⁸⁵ EK cerrahilerinin hacmi 2011 yılından bu yana her yıl iki katına çıkmaktadır.⁸⁵

Fuchs endotelial distrofi (%47,7) endotelial yetmezliğin en sık nedenidir ve bunu katarakt cerrahisi sonrası EK gerektiren kornea ödemi (%17,8) izlemektedir. Fuchs endotelial distrofide greft sağkalım oranı DMEK'de (%98,7), DSAEK (%78,4) ve PK'den (%73,5) daha yüksektir. PK, DMEK'ye kıyasla sekiz kat daha yüksek red ile sonuçlanır.⁵

Glokomlu gözler, başarısız greftler ve vitrektomili gözler gibi zor olgular için DMEK hala görmeye hızlı iyileşme, daha iyi greft sağkalımı ve geleneksel PK'ye kıyasla daha düşük red oranları sunmaktadır.

Bir öğrenme eğrisine sahip olmasına rağmen, DMEK'nin yeni teknikleri ile ilgili literatür olağanüstü bir şekilde artmakta ve zor durumlarda DMEK'nin gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu derlemede farklı greft boyutu (hemi-DMEK, çeyrek-DMEK), farklı greft katlama teknikleri (endotel içte olacak şekilde katlama yöntemleri), yeni açma teknikleri (vitrektomili gözlerde diyafraz kullanımı), yeni yerleştirme teknikleri (glokom şantlı gözlerde 3/4-DMEK) ve başarısız PK olgularında

çift kat DM kullanımı gibi farklı yaklaşımlar özetlenmiştir. Daha standart yenilikçi modifikasyonların geliştirilmesi sayesinde kornea cerrahilerinin neredeyse her durumda endotelial disfonksiyonu güvenle ve büyük bir başarıyla tedavi edebileceklerini ümit ediyoruz.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: Ö.E.K., G.M., Konsept: Ö.E.K., E.E.K., S.O., G.M., Dizayn: Ö.E.K., E.E.K., G.M., Veri Toplama veya İşleme: Ö.E.K., E.E.K., Analiz veya Yorumlama: S.O., G.M., Literatür Arama: Ö.E.K., E.E.K., Yazan: Ö.E.K., E.E.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Melles GR. Posterior lamellar keratoplasty: DLEK to DSEK to DMEK. *Cornea*. 2006;25:879-881.
- Dapena I, Ham L, Melles GR. Endothelial keratoplasty: DSEK/DSAEK or DMEK--the thinner the better? *Curr Opin Ophthalmol*. 2009;20:299-307.
- Melles GR, Ong TS, Ververs B, van der Wees J. Preliminary clinical results of Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2008;145:222-227.
- Price MO, Fairchild KM, Price DA, Price FW, Jr. Descemet's stripping endothelial keratoplasty five-year graft survival and endothelial cell loss. *Ophthalmology*. 2011;118:725-729.
- Woo JH, Ang M, Htoon HM, Tan D. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Versus Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty and Penetrating Keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2019;207:288-303.
- Lee WB, Jacobs DS, Musch DC, Kaufman SC, Reinhart WJ, Shtein RM. Descemet's stripping endothelial keratoplasty: safety and outcomes: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2009;116:1818-1830.
- Singh NP, Said DG, Dua HS. Lamellar keratoplasty techniques. *Indian J Ophthalmol*. 2018;66:1239-1250.
- Terry MA. Endothelial keratoplasty: why aren't we all doing Descemet membrane endothelial keratoplasty? *Cornea*. 2012;31:469-471.
- Deng SX, Lee WB, Hammersmith KM, Kuo AN, Li JY, Shen JF, Weikert MP, Shtein RM. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: Safety and Outcomes: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2018;125:295-310.
- Birbal RS, Ni Dhubhghaill S, Bourgonje VJA, Hanko J, Ham L, Jager MJ, Bohringer S, Oellerich S, Melles GRJ. Five-Year Graft Survival and Clinical Outcomes of 500 Consecutive Cases After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2020;39:290-297.
- Vasiliaskaite I, Oellerich S, Ham L, Dapena I, Baydoun L, van Dijk K, Melles GRJ. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: Ten-Year Graft Survival and Clinical Outcomes. *Am J Ophthalmol*. 2020;217:114-120.
- Gaum L, Reynolds I, Jones MN, Clarkson AJ, Gillan HL, Kaye SB. Tissue and corneal donation and transplantation in the UK. *Br J Anaesth*. 2012;108 Suppl 1:i43-47.
- Vajpayee RB, Sharma N, Jhanji V, Titiyal JS, Tandon R. One donor cornea for 3 recipients: a new concept for corneal transplantation surgery. *Arch Ophthalmol*. 2007;125:552-554.
- Gain P, Jullienne R, He Z, Aldossary M, Acquart S, Cognasse F, Thuret G. Global Survey of Corneal Transplantation and Eye Banking. *JAMA Ophthalmol*. 2016;134:167-173.

15. Lam FC, Baydoun L, Dirisamer M, Lie J, Dapena I, Melles GR. Hemi-Descemet membrane endothelial keratoplasty transplantation: a potential method for increasing the pool of endothelial graft tissue. *JAMA Ophthalmol.* 2014;132:1469-1473.
16. Lie JT, Lam FC, Groeneveld-van Beek EA, van der Wees J, Melles GR. Graft preparation for hemi-Descemet membrane endothelial keratoplasty (hemi-DMEK). *Br J Ophthalmol.* 2016;100:420-424.
17. Van den Bogerd B, Dhubhghaill SN, Koppen C, Tassignon MJ, Zakaria N. A review of the evidence for in vivo corneal endothelial regeneration. *Surv Ophthalmol.* 2018;63:149-165.
18. Müller TM, Baydoun L, Melles GR. 3-Year update on the first case series of hemi-Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2017;255:213-215.
19. Lam FC, Baydoun L, Satue M, Dirisamer M, Ham L, Melles GR. One year outcome of hemi-Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2015;253:1955-1958.
20. Zygoura V, Baydoun L, Ham L, Bourgonje VJA, van Dijk K, Lie JT, Dapena I, Oellerich S, Melles GRJ. Quarter-Descemet membrane endothelial keratoplasty (Quarter-DMEK) for Fuchs endothelial corneal dystrophy: 6 months clinical outcome. *Br J Ophthalmol.* 2018;102:1425-1430.
21. Borkar DS, Veldman P, Colby KA. Treatment of Fuchs Endothelial Dystrophy by Descemet Stripping Without Endothelial Keratoplasty. *Cornea.* 2016;35:1267-1273.
22. Birbal RS, Ni Dhubhghaill S, Baydoun L, Ham L, Bourgonje VJA, Dapena I, Oellerich S, Melles GRJ. Quarter-Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: One- to Two-Year Clinical Outcomes. *Cornea.* 2020;39:277-282.
23. Oganasyan OG, Neroev VV, Grdikanyan AA, Getadaryan VR. Five Keratoplasties From One Donor Cornea. *Cornea.* 2018;37:667-671.
24. Tan TE, Devarajan K, Seah XY, Lin SJ, Peh GSL, Cajucom-Uy HY, Ang M, Mehta JS, Tan DTH. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty With a Pull-Through Insertion Device: Surgical Technique, Endothelial Cell Loss, and Early Clinical Results. *Cornea.* 2020;39:558-565.
25. Terry MA, Straike MD, Veldman PB, Talajic JC, VanZyl C, Sales CS, Mayko ZM. Standardized DMEK Technique: Reducing Complications Using Prestripped Tissue, Novel Glass Injector, and Sulfur Hexafluoride (SF6) Gas. *Cornea.* 2015;34:845-852.
26. Woo JH, Htoon HM, Tan D. Hybrid Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty (H-DMEK): results of a donor insertion pull-through technique using donor stroma as carrier. *Br J Ophthalmol.* 2020;104:1358-1362.
27. Sorkin N, Einan-Lifshitz A, Ashkenazy Z, Boutin T, Showail M, Borovik A, Alobthani M, Chan CC, Rootman DS. Enhancing Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Postvitrectomy Eyes With the Use of Pars Plana Infusion. *Cornea.* 2017;36:280-283.
28. Mednick Z, Sorkin N, Einan-Lifshitz A, Santaella G, Trinh T, Chan CC, Rootman DS. Long-Term Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Postvitrectomized Eyes With the Use of Pars Plana Infusion. *Cornea.* 2020;39:457-460.
29. Yoeruek E, Rubino G, Bayyoud T, Bartz-Schmidt KU. Descemet membrane endothelial keratoplasty in vitrectomized eyes: clinical results. *Cornea.* 2015;34:1-5.
30. Spaniol K, Holtmann C, Schwinde JH, Deffaa S, Guthoff R, Geerling G. Descemet-membrane endothelial keratoplasty in patients with retinal comorbidity-a prospective cohort study. *Int J Ophthalmol.* 2016;9:390-394.
31. Bennett A, Mahmoud S, Drury D, Cavanagh HD, McCulley JP, Petroll WM, Mootha VV. Impact of Donor Age on Corneal Endothelium-Descemet Membrane Layer Scroll Formation. *Eye Contact Lens.* 2015;41:236-239.
32. Yoeruek E, Bayyoud T, Hofmann J, Bartz-Schmidt KU. Novel maneuver facilitating Descemet membrane unfolding in the anterior chamber. *Cornea.* 2013;32:370-373.
33. Veldman PB, Dye PK, Holiman JD, Mayko ZM, Sales CS, Straike MD, Stoeger CG, Terry MA. Stamping an S on DMEK Donor Tissue to Prevent Upside-Down Grafts: Laboratory Validation and Detailed Preparation Technique Description. *Cornea.* 2015;34:1175-1178.
34. Liarakos VS, Dapena I, Ham L, van Dijk K, Melles GR. Intraocular graft unfolding techniques in descemet membrane endothelial keratoplasty. *JAMA Ophthalmol.* 2013;131:29-35.
35. Izbizky G, Meller C, Grasso M, Velazco A, Peralta O, Otano L, Garcia-Monaco R. Feasibility and safety of prophylactic uterine artery catheterization and embolization in the management of placenta accreta. *J Vasc Interv Radiol.* 2015;26:162-169; quiz 170.
36. Hayashi T, Kobayashi A. Double-Bubble Technique in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty for Vitrectomized Eyes: A Case Series. *Cornea.* 2018;37:1185-1188.
37. Droutsas K, Bertelmann T, Schroeder FM, Papaconstantinou D, Sekundo W. A simple rescue maneuver for unfolding and centering a tightly rolled graft in Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:2161-2163.
38. Yoeruek E, Bartz-Schmidt KU. Novel Technique for Improving Graft Unfolding in Vitrectomized Eyes Using a Temporary Diaphragm in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea.* 2018;37:1334-1336.
39. Karadag R, Aykut V, Esen F, Oguz H, Demirok A. Descemet's membrane endothelial keratoplasty in aphakic and vitrectomized eye. *GMS Ophthalmol Cases.* 2020;10:Doc02.
40. Saad A, Awwad ST, El Salloukh NA, Panthier C, Bashur Z, Gatinel D. C-Press Technique to Facilitate Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Surgery in Vitrectomized Patients: A Case Series. *Cornea.* 2019;38:1198-1201.
41. Schrittenlocher S, Schlereth SL, Siebelmann S, Hayashi T, Matthaei M, Bachmann B, Cursiefen C. Long-term outcome of descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) following failed penetrating keratoplasty (PK). *Acta Ophthalmol.* 2020;98:e901-e906.
42. Pasari A, Price MO, Feng MT, Price FW, Jr. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty for Failed Penetrating Keratoplasty: Visual Outcomes and Graft Survival. *Cornea.* 2019;38:151-156.
43. Price FW, Jr., Price MO. Endothelial keratoplasty to restore clarity to a failed penetrating graft. *Cornea.* 2006;25:895-899.
44. Price FW, Jr., Price MO, Arundhati A. Descemet stripping automated endothelial keratoplasty under failed penetrating keratoplasty: how to avoid complications. *Am J Ophthalmol.* 2011;151:187-188 e182.
45. Anshu A, Price MO, Price FW, Jr. Descemet membrane endothelial keratoplasty and hybrid techniques for managing failed penetrating grafts. *Cornea.* 2013;32:1-4.
46. Lavy I, Liarakos VS, Verdijk RM, Parker J, Muller TM, Bruinsma M, Binder PS, Melles GRJ. Outcome and Histopathology of Secondary Penetrating Keratoplasty Graft Failure Managed by Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea.* 2017;36:777-784.
47. Gundlach E, Maier AK, Riechardt AI, Brockmann T, Bertelmann E, Jousseaux A, Torun N. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty as a Secondary Approach After Failure of Penetrating Keratoplasty. *Exp Clin Transplant.* 2015;13:350-354.
48. Heinzlmann S, Bohringer D, Eberwein P, Lapp T, Reinhard T, Maier P. Descemet membrane endothelial keratoplasty for graft failure following penetrating keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2017;255:979-985.
49. Keane MC, Galetti RA, Mills RA, Coster DJ, Williams KA, for Contributors to the Australian Corneal Graft R. A comparison of endothelial and penetrating keratoplasty outcomes following failed penetrating keratoplasty: a registry study. *Br J Ophthalmol.* 2016;100:1569-1575.
50. Park CY, Chuck RS. Non-Descemet stripping Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea.* 2013;32:1607-1609.
51. Alio Del Barrio JL, Montese A, Ho V, Bhogal M. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Under Failed Penetrating Keratoplasty Without Host Descemetorhexis for the Management of Secondary Graft Failure. *Cornea.* 2020;39:13-17.
52. Pilger D, von Sonnleithner C, Bertelmann E, Jousseaux AM, Torun N. Femtosecond Laser-Assisted Descemetorhexis: A Novel Technique in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea.* 2016;35:1274-1278.
53. Sella R, Einan-Lifshitz A, Sorkin N, Chan CC, Afshari NA, Rootman DS. Learning curve of two common Descemet membrane endothelial keratoplasty graft preparation techniques. *Can J Ophthalmol.* 2019;54:467-472.

54. Sorkin N, Trinh T, Einan-Lifshitz A, Mednick Z, Santaella G, Telli A, Belkin A, Chan CC, Rootman DS. Outcomes of femtosecond laser-assisted Descemet membrane endothelial keratoplasty for failed penetrating keratoplasty. *Can J Ophthalmol*. 2019;54:741-745.
55. Einan-Lifshitz A, Belkin A, Sorkin N, Mednick Z, Boutin T, Gill I, Karimi M, Chan CC, Rootman DS. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty After Penetrating Keratoplasty: Features for Success. *Cornea*. 2018;37:1093-1097.
56. Einan-Lifshitz A, Sorkin N, Boutin T, Showail M, Borovik A, Alobthani M, Chan CC, Rootman DS. Comparison of Femtosecond Laser-Enabled Descemetorhexis and Manual Descemetorhexis in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2017;36:767-770.
57. Aravena C, Yu F, Deng SX. Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Patients With Previous Glaucoma Surgery. *Cornea*. 2017;36:284-289.
58. Rosenfeld C, Price MO, Lai X, Witzmann FA, Price FW, Jr. Distinctive and pervasive alterations in aqueous humor protein composition following different types of glaucoma surgery. *Mol Vis*. 2015;21:911-918.
59. Birbal RS, Tong CM, Dapena I, Parker JS, Parker JS, Oellerich S, Melles GRJ. Clinical Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Eyes With a Glaucoma Drainage Device. *Am J Ophthalmol*. 2019;199:150-158.
60. Sorkin N, Mimouni M, Kisilevsky E, Boutin T, Cohen E, Trinh T, Santaella G, Slomovic AR, Chan CC, Rootman DS. Four-Year Survival of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Patients With Previous Glaucoma Surgery. *Am J Ophthalmol*. 2020;218:7-16.
61. Lin SR, Prapaipanich P, Yu F, Law SK, Caprioli J, Aldave AJ, Deng SX. Comparison of Endothelial Keratoplasty Techniques in Patients With Prior Glaucoma Surgery: A Case-Matched Study. *Am J Ophthalmol*. 2019;206:94-101.
62. Topouzis F, Coleman AL, Choplin N, Bethlem MM, Hill R, Yu F, Panek WC, Wilson MR. Follow-up of the original cohort with the Ahmed glaucoma valve implant. *Am J Ophthalmol*. 1999;128:198-204.
63. Anshu A, Price MO, Richardson MR, Segu ZM, Lai X, Yoder MC, Price FW, Jr. Alterations in the aqueous humor proteome in patients with a glaucoma shunt device. *Mol Vis*. 2011;17:1891-1900.
64. Oganessian O, Makarov P, Grdikanyan A, Oganessian C, Getadaryan V, Melles GRJ. Three-quarter DMEK in eyes with glaucoma draining devices to avoid secondary graft failure. *Acta Ophthalmol*. 2021;99:569-574.
65. Ni N, Sperling BJ, Dai Y, Hannush SB. Outcomes After Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty in Patients With Glaucoma Drainage Devices. *Cornea*. 2015;34:870-875.
66. van Dijk K, Rodriguez-Calvo-de-Mora M, van Esch H, Frank L, Dapena I, Baydoun L, Oellerich S, Melles GR. Two-Year Refractive Outcomes After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Cornea*. 2016;35:1548-1555.
67. Rock T, Bartz-Schmidt KU, Rock D, Yoeruek E. [Refractive changes after Descemet membrane endothelial keratoplasty]. *Ophthalmologie*. 2014;111:649-653.
68. Alnawaiseh M, Rosentreter A, Eter N, Zumbagen L. Changes in Corneal Refractive Power for Patients With Fuchs Endothelial Dystrophy After DMEK. *Cornea*. 2016;35:1073-1077.
69. Ham L, Dapena I, Moutsouris K, Balachandran C, Frank LE, van Dijk K, Melles GR. Refractive change and stability after Descemet membrane endothelial keratoplasty. Effect of corneal dehydration-induced hyperopic shift on intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1455-1464.
70. Chaurasia S, Price FW, Jr., Gunderson L, Price MO. Descemet's membrane endothelial keratoplasty: clinical results of single versus triple procedures (combined with cataract surgery). *Ophthalmology*. 2014;121:454-458.
71. Laaser K, Bachmann BO, Horn FK, Cursiefen C, Kruse FE. Descemet membrane endothelial keratoplasty combined with phacoemulsification and intraocular lens implantation: advanced triple procedure. *Am J Ophthalmol*. 2012;154:47-55 e42.
72. Gundlach E, Maier AK, Tsangaridou MA, Riechardt AI, Brockmann T, Bertelmann E, Joussem AM, Torun N. DMEK in phakic eyes: targeted therapy or highway to cataract surgery? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2015;253:909-914.
73. Schoenberg ED, Price FW, Jr., Miller J, McKee Y, Price MO. Refractive outcomes of Descemet membrane endothelial keratoplasty triple procedures (combined with cataract surgery). *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:1182-1189.
74. Arslan OS, Dogan C, Mergen B. Six-Month Results of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in 100 Eyes: First Clinical Results from Turkey. *Turk J Ophthalmol*. 2019;49:235-242.
75. Augustin VA, Weller JM, Kruse FE, Tourtas T. Refractive Outcomes After Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty + Cataract/Intraocular Lens Triple Procedure: A Fellow Eye Comparison. *Cornea*. 2021;40:883-887.
76. Yokogawa H, Sanchez PJ, Mayko ZM, Straiko MD, Terry MA. Astigmatism Correction With Toric Intraocular Lenses in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Triple Procedures. *Cornea*. 2017;36:269-274.
77. Parker J, Dirisamer M, Naveiras M, Tse WH, van Dijk K, Frank LE, Ham L, Melles GR. Outcomes of Descemet membrane endothelial keratoplasty in phakic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:871-877.
78. Baydoun L, van Dijk K, Dapena I, Musa FU, Liarakos VS, Ham L, Melles GR. Repeat Descemet membrane endothelial keratoplasty after complicated primary Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Ophthalmology*. 2015;122:8-16.
79. Musa FU, Cabrerizo J, Quilendrin R, Dapena I, Ham L, Melles GR. Outcomes of phacoemulsification after Descemet membrane endothelial keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39:836-840.
80. Dapena I, Yeh RY, Quilendrin R, Melles G. Surgical step to facilitate phacoemulsification after Descemet membrane endothelial keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:1106-1107.
81. Bachmann B, Schrittenlocher S, Matthaei M, Siebelmann S, Cursiefen C. [Descemet membrane endothelial keratoplasty in complex eyes]. *Ophthalmologie*. 2019;116:228-235.
82. Weller JM, Tourtas T, Kruse FE. Feasibility and Outcome of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Complex Anterior Segment and Vitreous Disease. *Cornea*. 2015;34:1351-1357.
83. Sorkin N, Einan-Lifshitz A, Boutin T, Showail M, Borovik A, Chan CC, Rootman DS. Descemet membrane endothelial keratoplasty in iridocorneal endothelial syndrome and posterior polymorphous corneal dystrophy. *Can J Ophthalmol*. 2019;54:190-195.
84. Hohberger B, Welge-Luen UC, Lammer R. ICE-Syndrome: A Case Report of Implantation of a Microbypass Xen Gel Stent After DMEK Transplantation. *J Glaucoma*. 2017;26:e103-e104.
85. Park CY, Lee JK, Gore PK, Lim CY, Chuck RS. Keratoplasty in the United States: A 10-Year Review from 2005 through 2014. *Ophthalmology*. 2015;122:2432-2442.