



# Korneal Transplantasyonda Sürdürülebilirlik ve Maliyet Optimizasyonu Stratejileri: Cerrah Perspektifinden

## Strategies for Sustainability and Cost Optimization in Corneal Transplantation: From Surgeons' Perspective

✉ Pelin Kıyat<sup>1</sup>, ✉ Melis Palamar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İzmir Demokrasi Üniversitesi, Buca Seyfi Demirsoy Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

### Öz

Kaynakların verimli kullanılarak faydanın maksimuma çıkarılması ve sürdürülebilirliğin artırılması gözetilerek keratoplasti cerrahilerinde uygulanabilecek cerrahi stratejilere genel bir bakış sunmak derlememizin temel hedefi olup bu amaçla, cerrahide sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliği üzerine yayınlanmış makalelerin tespiti ve farklı keratoplasti tekniklerinin maliyet etkinliğini karşılaştıran araştırmaları saptamak amacıyla PubMed'de kapsamlı bir inceleme yapılmıştır. Derlememiz hem penetran keratoplasti hem de lameller tekniklerin maliyet etkin olduğunu göstermektedir. Ancak, lameller teknikler uzun vadeli sürdürülebilirlik, maliyet verimliliği açısından ve hastanın görme keskinliği artışına olan katkısından ötürü daha avantajlı kabul edilebilir. Korneal transplantasyon cerrahilerinde, operasyon odasının kullanım süresinin azaltılması, cerrahi ekibin uygun şekilde eğitilmesi, trepan ve punch gibi aletlerin yeniden kullanılması, cerrahi malzemelerin tasarruflu kullanılması ve uygun cerrahi tekniğin seçilmesi gibi stratejiler sürdürülebilirliği artırmak ve maliyetleri azaltmak için önerilmektedir. Belirtilen stratejiler, keratoplasti prosedürlerinde sürdürülebilirliği artırmada cerrahlara katkıda bulunacak öneriler olarak özetlenebilir. Sonuç olarak cerrahi malzemelerin ekonomik kullanımını sağlamak sürdürülebilirliği iyileştirmek ve ameliyat sırasında maliyetleri düşürmek için faydalı olsa da maliyetleri düşürmek için önlemler alınırken güvenlik ve etkinliğin korunmasına azami özen gösterilmeli ve sürdürülebilirlik ve hasta güvenliği arasında denge sağlanmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Keratoplasti, kornea, sürdürülebilirlik

### Abstract

The main purpose of this review is to provide an overview of surgical strategies that can be implemented in keratoplasty to maximize resource utilization and enhance sustainability. To achieve this, we conducted a thorough search of PubMed to identify articles on sustainability and cost-effectiveness in surgical settings, as well as studies comparing the cost-effectiveness of different keratoplasty techniques. Our review shows that both penetrating keratoplasty and lamellar techniques are cost-effective. However, lamellar techniques offer greater long-term sustainability and cost efficiency in addition to improving patient vision. For corneal transplantation surgeries, strategies such as reducing operating room time, properly educating the surgical team, reusing instruments like trephines and punches, using surgical materials economically, and selecting the appropriate surgical technique are recommended to enhance sustainability and reduce costs. The strategies outlined could contribute to more sustainable practices in keratoplasty procedures. In conclusion, although ensuring the economical use of surgical materials is beneficial for improving sustainability and reducing costs during surgery, utmost care should be taken to preserve safety and effectiveness while taking measures to reduce costs, and a balance should be achieved between sustainability and patient safety.

**Keywords:** Cornea, keratoplasty, sustainability

**Cite this article as:** Kıyat P, Palamar M. Strategies for Sustainability and Cost Optimization in Corneal Transplantation: From Surgeons' Perspective. Turk J Ophthalmol. DOI: 10.4274/tjo.galenos.2024.89170. [Ahead of Print].

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Pelin Kıyat, İzmir Demokrasi Üniversitesi, Buca Seyfi Demirsoy Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İzmir, Türkiye

**E-posta:** pelinkiyat@hotmail.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0002-3581-7059

**Geliş Tarihi/Received:** 07.09.2024 **Kabul Tarihi/Accepted:** 06.12.2024

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2024.89170

### Giriş

“İklim değişikliği bugün doğan her çocuğun hayatını derinden etkileyecektir. Hızlı ve etkin bir müdahale olmadığı takdirde, bu yeni dönem, insan hayatının her aşamasında, sağlığın belirleyicisi olacaktır.” -Lancet Countdown'un 2019 raporundan.<sup>1</sup>

İklim değişikliği, 21. yüzyılda küresel sağlığa yönelik en büyük tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir.<sup>2</sup> Sağlık sektörünün, sera gazı emisyon üretimine önemli ölçüde katkısı olduğu bilinmektedir ve 2019'da yayınlanan bir rapor,



sağlık sektörü ile ilişkili emisyonlarının tüm küresel sera gazı emisyonlarının en az %4,4-5,0'ından sorumlu olduğunu bildirmiştir.<sup>3</sup> Sağlık sektörünün karbon emisyonuna olan önemli katkısını vurgulamak amacıyla, "Eğer küresel sağlık hizmetleri tek başına bir ülke olsaydı karbon emisyonlarına beşinci büyük katkıda bulunan ülke olabilirdi" vurgusu yapılmıştır.<sup>4</sup> Sağlık sistemindeki en yüksek cerrahi sayılarına sahip olması ve hızlı hasta sirkülasyonu ile diğer branşlardan ayrılan oftalmoloji, bu yükün önemli bir kısmını oluşturuyor olabilir.

Penetran keratoplasti, ilk kez 1905 yılında Eduard Zirm tarafından gerçekleştirildiğinden beri, korneal transplantasyon cerrahisinde en yaygın kullanılan prosedür olarak kabul edilmektedir.<sup>5</sup> Bu teknik başarılı, güvenli ve etkili olarak bulunmakta ve son yıllarda bu alanda pek çok yenilik ve gelişim elde edilmiştir. Dünya çapında bakıldığında, korneal transplantasyon talebi yaklaşık 12,7 milyon hasta olarak bildirilmiştir. Ancak gelişmekte olan ülkelerde yaşanan kayıt eksikliği ve sağlık sistemine sınırlı erişim gibi problemler nedeniyle bu sayının daha da yüksek olabileceği tahmin edilmektedir.<sup>6</sup>

Penetran keratoplastide maliyeti oluşturan temel faktörler genellikle hastanede kalış süresinin uzunluğu, tekrarlayan ayakta tedavi vizitleri ve görsel rehabilitasyon prosedürlerinden kaynaklanmaktadır.<sup>6</sup> Ek maliyetler donör korneaların hazırlığı, uygun koşullarda saklanması ve transportundan ileri gelmektedir. Ayrıca, cerrahi teknik seçimi de maliyetleri düşürmede ve sürdürülebilirliği sağlamada önemli bir rol oynayabilir. Ancak, bugüne kadar, literatürde keratoplasti maliyetlerini düşürmek ve sürdürülebilirliğe katkı sağlamak amacıyla, cerrahi perspektifi değerlendiren bir yayın bulunmamaktadır.

Sürdürülebilir bir gelecek sağlamak ve kaynakların doğru dağıtımını için dikkatli bir planlama yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Dolayısı ile, bu derlemedeki temel hedef, kaynakların verimli kullanılarak faydanın maksimuma çıkarılması ve sürdürülebilirliğin artırılması gözetilerek keratoplasti cerrahilerinde uygulanabilecek cerrahi stratejilere genel bir bakış sunmaktır.

## Penetran Keratoplasti - Maliyet Etkin Bir Cerrahi Prosedür mü?

Literatürde pek çok yayında, penetran keratoplastinin maliyet etkin bir cerrahi prosedür olarak kabul edildiği ve Dünya Sağlık Örgütü'nün maliyet etkin girişimler tanımında bulunan eşik değere uygunluk gösterdiği açıkça gösterilmiştir.<sup>5,6,7</sup> Hirneiss ve ark.<sup>5</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, binoküler zayıf görme keskinliğine sahip olgularda, penetran keratoplastinin maliyet etkinliği değerlendirilmiş ve penetran keratoplasti, operasyon sırasında pahalı bir işlem olmasına rağmen, maliyet açısından etkin bulunmuştur. Bu çalışmada ameliyattan sonraki 10 yıllık sürede greft sağkalımı dikkate alındığında 'kaliteye ayarlanmış yaşam yılları' (*quality adjusted life year*) başına 11,557 ABD doları maliyet faydası elde edildiği bildirilmiştir. Oftalmolojik açıdan fayda belirlenirken, görme keskinliği ana değerlendirme faktörü olarak düşünülmektedir, bu nedenle eğer bir hastanın

tek gözü zayıf bir görme keskinliğine sahipken diğer gözü iyi bir görme keskinliğine sahipse, penetran keratoplasti sonrası faydanın binoküler zayıf görme keskinliğine sahip bir hastaya kıyasla daha az olabileceği varsayılabilir. Ancak, Hirneiss ve ark.'nın<sup>5</sup> çalışması, preoperatif değerlendirmede hastanın diğer gözündeki görme keskinliği iyi olsa da transplantasyon cerrahi gerektiren gözün penetran keratoplasti ile tedavisinin halen oldukça maliyet etkin olduğunu vurgulamıştır.

## Ameliyathanede Maliyeti Düşürmek ve Sürdürülebilirliğe Katkıda Bulunmak

Sürdürülebilirlik için temel strateji 5R kuralı olarak özetlenebilir: Azalt (*Reduce*), Yeniden Kullan (*Reuse*), Geri Dönüştür (*Recycle*), Tekrar Düşün (*Rethink*) ve Araştır (*Research*).

### 1. Azalt (*Reduce*)

#### Ameliyat Süresini Azaltma

Daha uzun ameliyat sürelerinin daha yüksek maliyetlere neden olduğu iyi bilinen bir gerçektir. Wu ve ark.'nın<sup>8</sup> yayımladığı bir derlemede, operasyon ekibinin iyi eğitilmiş personelden oluşmasının önemi incelenmiş ve deneyimli bir ekiple ameliyathane sürelerinde önemli ölçüde azalma sağlanabileceği ve bunun da daha düşük maliyetlerle sonuçlanabileceği vurgulanmıştır. Başka bir çalışmada ise preoperatif kullanılacak bir kontrol listesi hazırlanmasının, ameliyathanede kalma süresi ve maliyetler üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.<sup>9</sup> Bu çalışmada preoperatif kullanılan kontrol listelerinin ameliyathanede gerekli cerrahi aletlerin daha hızlı bir şekilde sağlanmasına neden olduğu ve ameliyathane kullanma sürelerini ve cerrahi maliyetleri azalttığı tespit edilmiştir.

#### Enerji Tüketimini ve Plastik Atığı Azaltma

Enerji tüketimini azaltmak, ameliyathane kullanılmadığında ışıkları kapatmak ve gerekli olmadığında cihazları kapatmakla sağlanabilir. Günümüz teknolojisinde, zamanlayıcılar ve hareket dedektörleri de ameliyathanede enerji tasarrufuna yardımcı olabilecek sistemlerdir.<sup>10</sup>

Atık oluşumunun en önemli nedenlerinden birisi ise cerrahi alet ve cihazların muhafazasında kullanılan plastik ambalajlardır (*Şekil 1*). Bu tür plastik ambalajlar çevreye zararlı olmasının yanı sıra tek kullanımlık olmaları sebebiyle ciddi maliyet oluşturmaktadırlar.<sup>11</sup> Tek kullanımlık cerrahi ekipmanların tek tek paketlenmesi yerine, ekipmanların uygun eldivenler ve tek kullanımlık önlükler içeren gruplar halinde paketlenmesi, plastik ambalajla ilgili atıkları azaltmanın faydalı bir yolu olabilir. Ek olarak, tek kullanımlık steril paketler genellikle cerrahi prosedürde kullanılmayan gereksiz öğeleri içeriyor olabilir. Bu paketleri revize etmek ve gereksiz öğeleri azaltmak daha iyi bir sürdürülebilirlik elde edilmesine katkıda bulunabilir.

Cunningham ve ark.<sup>12</sup> çalışmasında 12 günlük bir kısa dönem değerlendirmesinde 113 cerrahi prosedür değerlendirilmiş ve 46 öğenin cerrahi paketlerde gereksiz şekilde yer aldığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada 3 haftalık takip ve 359 cerrahi prosedürün



Şekil 1. Keratoplasti hazırlık aşamasında ortaya çıkan plastik ve kağıt atıklar

değerlendirilmesi sonucunda cerrahi paketlerde yer alan gereksiz öğelerin ortadan kaldırılması ile 1.111,88 ABD doları tasarruf bildirilmiştir. Çalışmanın devamında 1 yıl boyunca, cerrahi paketlerden gereksiz ürünlerin çıkarılması ile maliyetlerde 27.503 ABD doları tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.<sup>12</sup>

'Kullanmayacağınızı açmayın' ilkesi, oftalmoloji ile ilgilenen cerrahlar için ana bakış açısı olmalıdır.

### Tek Kornea, Multipl Operasyonlar

Hem keratoplastiye olan yüksek talebi çözmek hem de sürdürülebilirliği artırmak için bir diğer çözüm derin anterior lameller keratoplasti (DALK) ve Descemet membran endotelial keratoplasti (DMEK) gibi lameller operasyonlarda tek bir donör kornea dokusu kullanmayı tercih etmek olabilir. Siddharthan ve ark.<sup>13</sup> tarafından yapılan bir çalışmada bu yöntemin başarılı ve güvenli olduğu bildirilmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki korneal cerrahların keratoplastilere olan talebi azaltmasının yanı sıra mikrokeratom gibi pahalı araçlara ihtiyaç duymadan sürdürülebilirlik sağlamasına olanak tanıyabilir. Tek bir donör korneayı hem DALK hem de DMEK gibi lameller prosedürlerde kullanmayı tercih etmek, keratoplastiye olan yüksek talebi düşürmenin yanı sıra daha iyi sürdürülebilirlik sağlamanın mantıklı bir yolu olabilir.

## 2. Yeniden Kullan (Reuse)

Keratoplasti prosedürlerinde, üretici tarafından tek kullanımlık olarak satışa sunulan trepan ve korneal punch gibi pek çok cerrahi alet, korneal transplantasyonda tekrar tekrar kullanılabilir. Ayrıca yapılan çalışmalar, plastik paketleme yapılmış steril işaretleme kalemleri veya cetvellerin tekrar kullanılabilir olduğunu ve tekrar kullanımda enfeksiyon riskinin yok denecek derece düşük olduğunu bildirmişlerdir.<sup>14</sup>

Oftalmolojide çeşitli operasyonlarda kullanılmak üzere tek kullanımlık ürünlerin tekrar kullanımını inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak jinekolojik operasyonların değerlendirildiği bir çalışmada, tek kullanımlık olarak satışa

sunulmuş cihazların tekrar kullanımında, tek seferlik kullanım ile kıyaslandığında benzer etkinlik ve güvenlik tespit edilmiştir.<sup>15</sup>

Manatakis ve Georgopoulos<sup>16</sup> tarafından yapılan bir çalışmada laparoskopi hastalarında aletlerin tekrar kullanılmasının etkisi değerlendirilmiş ve tek kullanımlık ürünlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, tek kullanımlık ürünlerle maliyetin 9 kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Üroloji veya jinekoloji bölümlerinde, yeniden kullanımın tercih edilmesi ile, aynı maliyetle yılda 50-100 prosedür daha fazla yapılmasının mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Yazarlar, yeniden kullanılabilir laparoskopik aletlerin maliyeti önemli ölçüde azalttığını ve güvenlikle ilgili herhangi bir sorun bildirilmediğini ortaya koymuştur. Öte yandan, tekrar kullanım nedeniyle gelişen cihaz ve alet bakım masraflarının kabul edilebilir değerlerde olduğu belirtilmiştir. Kwakye ve ark.<sup>17</sup> tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, tek kullanımlık önlükler yerine yeniden kullanılabilir cerrahi önlükler kullanılmasının, karbon kaynaklı atıkları 23.000 kg kadar azalttığı ve yılda 60.000 ABD doları tasarruf sağladığı bildirilmiştir.

Yeniden kullanılabilir ürünlerin temizlenmesi ve sterilizasyonunun doğuracağı enerji ve su maliyetleri konusunda çelişkili görüşler olsa da pek çok çalışmada yeniden kullanılabilir cihazların tek kullanımlık cihazlara göre daha az karbon ayak izine sahip olduğu gösterilmiş ve yeniden kullanılabilir ürünlerin tercih edilmesinin sürdürülebilirlik açısından faydaları çeşitli yayınlarda bildirilmiştir.<sup>18,19</sup> Aletlerin yeniden kullanımının, tek kullanımlık aletlere kıyasla, teknik sorunlara neden olma eğiliminde olabileceği varsayılabilir, ancak teknolojik ilerlemeler, yeni ve dayanıklı tasarımlar ve uygun personel eğitimi ile; bu sorunların üstesinden gelinebilir. Örneğin; hem trepanlar hem de korneal punchlar keskinleştirme gerektirmeden birkaç kez yeniden kullanılabilir ve birkaç operasyondan sonra değiştirilebilir. Öte yandan, makaslar daha uzun süre kullanılabilir ve 60 ila 80 operasyon sonra keskinleştirmeye ihtiyaç duyabilir.

### 3. Geri Dönüştür (Recycle)

Atıkların ayrımı ve geri dönüşümü, ekonomik faydalarının yanı sıra daha iyi sürdürülebilirliğin sağlanmasında bir diğer önemli yoldur.<sup>20</sup> McGain ve ark.'nın<sup>21</sup> çalışması, geri dönüşümün herhangi bir ek maliyet ekmediğini ve geri dönüşümün global sağlık sistemi tarafından yaygın olarak kabul gördüğü takdirde etkisinin daha güçlü olabileceğini bildirmiştir. Ameliyathane atıklarının çoğu, kağıt veya plastik ambalaj, metal veya cam gibi geri dönüştürülebilir materyalden oluşmaktadır.<sup>22,23</sup> Geri dönüşümün ekonomik veya çevreye olan olumlu etkisi bireysel bazda düşük gibi görünebilir ancak global olarak uygulandığı takdirde, geri dönüşüm sağlık hizmetlerinde sürdürülebilirliği sağlamak için oldukça yararlı bir araç olabilir.

### 4. Tekrar Düşün (Rethink)

#### Cerrahi Malzeme Kullanımının Ekonomik Açıdan Yeniden Düşünülmesi

Operasyon sırasında, cerrahi malzemelerle ilgili maliyetleri düşürmenin yanı sıra sürdürülebilirliği artırmanın birkaç yolu mümkündür. Örnek olarak, sütür atılması sırasında, her sütür atımı sonrası sütür ucunun düğümüne yakın yerden kesilerek sütür israfının önlenmesi ve paketten çıkan sütürün yarısı kullanılarak operasyonun tamamlanmasının sağlanması ve kalan sütürün bir sonraki korneal transplantasyon olgusunda kullanılması maliyetleri düşürmek için etkili bir yol olabilir. Operasyon sırasında sıkça kullanılan emici pamuklu çubukların her iki tarafını kullanmak ve çubukları daha küçük parçalara keserek boş kenar sayısını artırmak ve daha az viskoelastik malzeme kullanmaya çalışmak, sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak ve maliyetleri düşürmek için diğer faydalı yollardır. Yeniden kullanılabilir cihazların sterilizasyonunda maliyet etkin hale getirmek ve sürdürülebilirlik sağlamak için temizleme ve sterilizasyon yönteminin optimizasyonu büyük önem taşımaktadır. Gereksiz sterilizasyon prosedürlerinin de önüne geçilmelidir.<sup>24</sup>

#### Eğitim ve Farkındalık

Oftalmolojide cerrahi eğitimin standardizasyonu, daha iyi sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliğine ulaşmanın başka bir yoludur. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, deneyimli cerrahların cerrahi başarı açısından daha iyi sonuçlara sahip olduğu ve daha az deneyimli olanlardan daha maliyet etkin olduğu bildirilmiştir.<sup>25</sup> Daha yüksek bir cerrahi tecrübe ile komplikasyon oranı düşebilir ve bunun sonucunda komplikasyon maliyetleri de düşebilir. Oftalmolojiyi içeren eğitim programları ayrıca faturalama süreçleri, kaynakların etkin ve adil dağıtımını ve maliyet düşürme stratejileri hakkında bilgi sağlamalıdır. Ross ve ark.<sup>26</sup> tarafından yapılan bir çalışmada ameliyathanelerde cerrahlar için maliyet farkındalığı yaratan posterler gibi basit bir eğitimin, tek kullanımlık cerrahi aletlerin tekrar kullanımında önemli bir artışla sonuçlandırıldığı gösterilmiştir.

Özetlemek gerekirse, tekrar düşünme, oftalmologların maliyeti en aza indirmek ve daha iyi sürdürülebilirlik sağlamak için eğitimi ve motivasyonu olarak özetlenebilir. Ayrıca, gereksiz

sterilizasyon prosedürleri konusunda dikkatli olunması gerektiği konusunda da bir hatırlatıcı olarak düşünülebilir. Korneal transplantasyon prosedürleri için ameliyathane kullanım süresini kısaltmak, oftalmologları ve ameliyat ekibini uygun şekilde eğitmek, trepan ve korneal punch gibi aletleri tekrar kullanmak, cerrahi malzemelerin ekonomik kullanımını sağlamaya çalışmak ve uygun cerrahi tekniği seçmek, sürdürülebilirliği iyileştirmek ve ameliyat sırasında maliyetleri düşürmek için olası faydalı yollardır.

### 5. Araştırma (Research)

Keratoplasti de dahil olmak üzere çeşitli oftalmolojik prosedürlerin karbon ayak izini anlamak ve çözüm yolları geliştirmek için daha fazla araştırma yapılmalıdır. Keratoplasti operasyonları ile ilişkili karbon ayak izini değerlendiren tek bir çalışma mevcut olup Borgia ve ark.<sup>27</sup> çalışmalarında endotelial keratoplastide anlamlı miktarda karbon ayak izi mevcut olduğunu bildirmişlerdir ancak destekleyici daha geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

#### Hangi Keratoplasti Tekniği Tercih Edilmeli?

##### Penetran Keratoplastiye Karşılık DALK

Penetran keratoplasti, uzun yıllardır korneal transplantasyon için tercih edilen standart cerrahi prosedür olmuştur.<sup>28</sup> Güvenli ve etkili bir prosedürdür ancak greft yetmezliği, hastaların %10-34'ünde görülen bir komplikasyondur.<sup>29,30</sup> Greft yetmezliğinin temel nedeni endotelial rejeksiyon ve endotel yetmezliğidir. Bu komplikasyonların üstesinden gelmek için lameller transplantasyon teknikleri geliştirilmiştir ve bu cerrahiler korneanın yalnızca anteriorunun transplantasyonunu içerir.

Endotele müdahale olmaması ile endotelial rejeksiyon ya da endotelial hücre kaybı riski azalmaktadır. DALK'ta korneal stroma, Descemet membranına kadar eksize edilir. Ancak prosedürün teknik zorlukları bulunmaktadır.<sup>27</sup> van den Biggelaar ve ark.<sup>31</sup> tarafından yapılan bir çalışmada DALK'ın postoperatif ilk bir yıl içinde penetran keratoplastiden daha maliyetli olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada postoperatif 1 yıl değerlendirilmiş olup, uzun vadeli maliyet değerlendirmelerinin farklı sonuçlar verebileceği ileri sürülebilir.

DALK ve penetran keratoplasti karşılaştırıldığında, maliyet farklılıkları DALK'ın penetran keratoplastiye kıyasla ameliyathane süresini artıran zaman alıcı 'büyük kabarcık tekniği' ile ilişkili olabilir. Ancak penetran keratoplasti olgularında gelişebilecek endotelial komplikasyonlar ve retransplantasyon gerekliliği nedeniyle DALK'a kıyasla uzun vadede daha yüksek maliyetler gözlenebilir. Bu nedenle DALK'ın maliyet etkinliği zamanla artabilir ve daha uzun takipli çalışmalara ihtiyaç vardır.

##### Penetran Keratoplastiye Karşılık Descemet Soymalı Otomatize Endotelial Keratoplasti

Endotelial korneal hastalıklar için penetran keratoplasti uzun yıllardır standart teknik olmuştur. Ancak bu prosedürün sütürasyon ile ilişkili komplikasyonları, yara iyileşme sorunları ve daha uzun görme rehabilitasyon süresi gibi çeşitli dezavantajları

bulunmaktadır.<sup>32</sup> Bu nedenle, son yıllarda endotelial keratoplasti prosedürleri ilgi görmeye başlamıştır. Bu prosedürler yalnızca endotel transplantasyonunu amaçlamaktadır ve sağlıklı olan korneanın anterioruna müdahale edilmez. Endotelial keratoplastinin penetran keratoplastiye göre başlıca avantajları, daha hızlı postoperatif görme rehabilitasyonu, astigmatizmada daha düşük dereceli değişimler, daha iyi tektonik stabilite ve sütün ile ilgili komplikasyonların azlığı olarak özetlenebilir.<sup>33,34</sup> Descemet soymalı otomatize endotelial keratoplasti (DSAEK), donör korneanın bir mikrokeratom kullanılarak hazırlandığı bir tekniktir.<sup>35</sup>

Literatürde, DSAEK ile penetran keratoplastiyi maliyet etkinliği açısından karşılaştıran birkaç çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki kısa vadeli sonuçlar genellikle DSAEK'in daha maliyetli bulunduğunu bildirmiştir. van den Biggelaar ve ark.<sup>36</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, DSAEK'in kısa vadede penetran keratoplastiye kıyasla daha maliyetli olduğu saptanmıştır. DSAEK'in erken dönem maliyetlerinin iki ana kaynağı, mikrokeratom kullanılarak donör dokusunun hazırlanması ve ameliyatı gerçekleştirmek için ek bir yerleştirme aparatının kullanılmasıdır. Ek olarak, greft dekolmanı gibi prosedüre özgü komplikasyonlar da maliyetleri artırabilecek ek bir operasyon gereksinimi yaratabilir.<sup>37</sup> Ancak çalışmalarda greft dislokasyon oranlarının cerrahın deneyiminin artması ile hızla gerilediği gösterilmiştir.<sup>38</sup>

Öte yandan, Bose ve ark.<sup>7</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, operasyondan 3 yıl sonraki değerler analiz edilmiş ve her iki prosedürün maliyet etkinliği değerlendirilmiştir. Bu çalışmada cerrahi prosedür için başlangıçtaki ücretler ve komplikasyon giderleri hesaba katıldığında, DSEK ve penetran keratoplasti için beklenen ortalama 3 yıllık masrafın sırasıyla 7.476 ABD doları ve 7.236 ABD doları olduğu bildirilmiştir. Hem penetran keratoplasti hem de DSAEK'in Dünya Sağlık Örgütü maliyet etkinliği kriterlerine göre 'çok maliyet etkin' müdahaleler olduğu bildirilmiştir. Ancak yazarlar, her iki ameliyatın da Dünya Sağlık Örgütü'nün çok belirlediği eşığı karşılamasına rağmen, amaç stabil kaynaklarla sağlık kazanımlarını artırmaksa, DSAEK'in tercih edilmesi gereken prosedür olduğunu açıkça vurgulamışlardır.

Hindistan'da yapılan başka bir çalışmada, DSAEK'in postoperatif 6. ayda penetran keratoplastiden anlamlı ölçüde daha maliyetli olduğu bildirilmiştir.<sup>39</sup> Ancak operasyondan 1 yıl sonra yapılan değerlendirmelerde penetran keratoplasti DSAEK'den daha maliyetli saptanmıştır. Maliyet etkinlik değerlendirilmesinde anlamlı farklılık ise postoperatif 2. yılda DSAEK lehine ortaya konmuştur.

DSAEK ve penetran keratoplastiyi uzun dönem maliyet etkinliği açısından karşılaştırırken, yüksek astigmatizmanın penetran keratoplasti ile ilgili maliyetlerin artmasında önemli bir katkısının olduğunu unutmamak gerekir. Hastalarda görme rehabilitasyonu amacıyla kontakt lens veya gözlükler tercih edilebilir ve bazı olgularda astigmatizmayı düşürmek amacıyla ek operasyon planlanabilir. Postoperatif astigmatizmanın DSAEK'de önemli ölçüde daha düşük olması beklendiğinden, astigmatizmanın düzeltilmesi için gerekli maliyetlerin

DSAEK'de daha düşük olabileceği varsayılabilir. Ayrıca DSAEK sonrası iyileşmenin daha hızlı olması, hastanın üretkenliğe daha hızlı dönüşünü beraberinde getirecek ve uzun vadede DSAEK ile ilişkili maliyetlerin azalmasına katkıda bulunabilecektir. Dahası, sütün ilişkili enfeksiyöz keratit gibi komplikasyonların daha az görülmesi, postoperatif ilaçların daha kısa süreli kullanımı, daha az ayaktan hasta ziyaret gerekliliği de uzun vadede DSAEK prosedürlerinde maliyeti düşürmeye katkıda bulunan faktörler olabilir.

#### DSAEK'e Karşılık DMEK

DMEK, Descemet membranı ve endotelin transplantasyonunu posterior stromayı içermeyen sağlıklı bir endotelial keratoplasti tekniğidir. Bu tekniğin daha küçük bir kesiden gerçekleştirilmesi nedeniyle hem refraksiyon açısından hem de görme keskinliği artışında daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Ek olarak, DSAEK ve penetran keratoplasti ile karşılaştırıldığında daha düşük endotelial rejeksiyon oranları bildirilmiştir.<sup>40</sup> Bu yöntemin en temel dezavantajı, uzun öğrenme eğrisidir.<sup>41</sup> Literatürde, birçok çalışma DMEK prosedürünün endotel hücre fonksiyonlarının korunmasında daha efektif olduğunu ve bu yöntemle daha başarılı görsel sonuçlar elde edilebildiğini bildirmiştir. Ayrıca, endotelial rejeksiyon oranlarının DSAEK ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu tespit edilmiştir.<sup>42,43</sup>

Maliyet etkinlik çalışmalarına bakıldığında, Simons ve ark.<sup>44</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, bir yıl gibi kısa vadede DMEK'in DSAEK ile karşılaştırıldığında daha maliyetli olduğu bildirilmiştir. Ancak, görme keskinliği artışının DMEK grubunda daha yüksek olduğu izlenmiştir. Öte yandan, Gibbons ve ark.<sup>45</sup> tarafından DMEK ve DSAEK arasındaki maliyet etkinliğini uzun vadede değerlendiren bir çalışmada, uzun vadede DMEK'in DSAEK'ten daha düşük maliyetli olduğu bildirilmiştir.

İlk çalışmada, kısa dönem sonuçlarda, DMEK cerrahisi için gerekli uzun öğrenme eğrisi, maliyet artışına katkıda bulunan bir faktör olabilir. Çünkü bu prosedürde maliyetin ana kaynağı, deneyim eksikliğinden kaynaklanan ek 'yeniden gaz verilmesi' ve tekrar greft yerleşimi ihtiyacı olarak tespit edilmiştir. Öte yandan, daha uzun vadeli sonuçlara dayalı çalışmalar, maliyet farkının DMEK tekniğinde cerrahın deneyimi arttıkça azaldığını ortaya koymaktadır. DMEK cerrahisinde hava yerine SF<sub>6</sub> gazı tercih edilmesi, daha büyük descemetorhexis, oryantasyon sorunlarının önüne geçmek için greftin işaretlenmesi ve yerleştirme tekniklerinin geliştirilmesi gibi revizyonlar ve önlemler, ek yeniden gaz verilmesi gereksinim oranlarını azaltabilir.<sup>46</sup>

DSAEK'te gelişebilecek geç dönem greft yetmezliği veya greft reddi gibi komplikasyonların varlığı kısa vadeli maliyet etkinliğindeki sonuçları etkileyebilir. Price ve ark.<sup>47</sup> çalışmasında 5 yıllık greft sağ kalım oranları değerlendirilmiş ve DSAEK hastalarında greft reddi oranlarının DMEK grubundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, DSAEK ile DMEK karşılaştırıldığında, kısa vadeli sonuçlarda, DMEK cerrahisi için gerekli uzun öğrenme eğrisi maliyeti arttırmaya katkıda bulunan bir faktör olabilir. Çünkü maliyetin ana kaynağı, deneyim eksikliğinden

kaynaklanan ek yeniden gaz verilmesi ve re-greftler olarak tespit edilmiştir. Ancak DSAEK hastalarında greft reddi oranlarının daha yüksek ve greft sağ kalım oranlarının daha düşük olması, uzun vadede DMEK ile karşılaştırıldığında daha yüksek maliyetlerde rol oynayabilir.

## Sonuç

Gereksiz maliyetleri azaltmak, sağlık sisteminin kalitesini iyileştirmenin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Maliyetleri düşürmek için önlemler alınırken güvenlik ve etkinliğin korunmasına azami özen gösterilmelidir. Korneal transplantasyon cerrahilerinde, ameliyathane süresini azaltmak, oftalmologları ve ameliyat ekibini uygun şekilde eğitmek, trepan ve punch gibi aletleri yeniden kullanmak, cerrahi malzemelerin ekonomik kullanımını sağlamaya çalışmak ve uygun cerrahi tekniği seçmek, sürdürülebilirliği iyileştirmek ve ameliyat sırasında maliyetleri düşürmek için olası faydalı yollardır. Tıbbın bu alanını geliştirmek ve sürdürülebilirliği arttırmak amacıyla daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır ve bu derlemedeki ipuçlarımız ve stratejilerimiz sürdürülebilir bir dünya için katkıda bulunabilir.

## Beyan

### Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: M.P., Konsept: M.P., P.K., Dizayn: P.K., Veri Toplama veya İşleme: P.K., Analiz veya Yorumlama: M.P., P.K., Literatür Arama: P.K., Yazan: P.K.

**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

- Watts N, Amann M, Arnell N, Ayele-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, Byass P, Cai W, Campbell-Lendrum D, Capstick S, Chambers J, Dalin C, Daly M, Dasandi N, Davies M, Drummond P, Dubrow R, Ebi KL, Eckelman M, Ekins P, Escobar LE, Fernandez Montoya L, Georgeson L, Graham H, Haggag P, Hamilton I, Hartinger S, Hess J, Kelman I, Kiesewetter G, Kjellstrom T, Kniveton D, Lemke B, Liu Y, Lott M, Lowe R, Sewe MO, Martinez-Urtaza J, Maslin M, McAllister L, McGushin A, Jankin Mikhaylov S, Milner J, Moradi-Lakeh M, Morrissey K, Murray K, Munzert S, Nilsson M, Neville T, Oreszczyn T, Owfi F, Pearman O, Pencheon D, Phung D, Pye S, Quinn R, Rabbaniha M, Robinson E, Rocklöv J, Semenza JC, Sherman J, Shumake-Guillemot J, Tabatabaie M, Taylor J, Trinanes J, Wilkinson P, Costello A, Gong P, Montgomery H. The 2019 report of the Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *Lancet*. 2019;394:1836-1878.
- Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R, Friel S, Groce N, Johnson A, Kett M, Lee M, Levy C, Maslin M, McCoy D, McGuire B, Montgomery H, Napier D, Pagel C, Patel J, de Oliveira JA, Redcliff N, Rees H, Rogger D, Scott J, Stephenson J, Twigg J, Wolff J, Patterson C. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet*. 2009;373:1693-1733.
- Buchan JC, Thiel CL, Steyn A, Somner J, Venkatesh R, Burton MJ, Ramke J. Addressing the environmental sustainability of eye health-care delivery: a scoping review. *Lancet Planet Health*. 2022;6:e524-e534.
- Karliner J, Slotterback S, Boyd R, B Ashby, K Steele, J Wang. Health care's climate footprint: how the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. 2019. [https://global.noharm.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint\\_092319.pdf](https://global.noharm.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf)
- Hirneiss C, Neubauer AS, Niedermeier A, Messmer EM, Ulbig M, Kampik A. Cost utility for penetrating keratoplasty in patients with poor binocular vision. *Ophthalmology*. 2006;113:2176-2180.
- Baird PN, Machin H, Brown KD. Corneal supply and the use of technology to reduce its demand: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2021;49:1078-1090.
- Bose S, Ang M, Mehta JS, Tan DT, Finkelstein E. Cost-effectiveness of Descemet's stripping endothelial keratoplasty versus penetrating keratoplasty. *Ophthalmology*. 2013;120:464-470.
- Wu CZ, Klebanoff JS, Tyan P, Moawad GN. Review of strategies and factors to maximize cost-effectiveness of robotic hysterectomies and myomectomies in benign gynecological disease. *J Robot Surg*. 2019;13:635-642.
- Harvey LFB, Smith KA, Curlin H. Physician engagement in improving operative supply chain efficiency through review of surgeon preference cards. *J Minim Invasive Gynecol*. 2017;24:1116-1120.
- Wysusek KH, Keys MT, van Zundert AAJ. Operating room greening initiatives - the old, the new, and the way forward: a narrative review. *Waste Manag Res*. 2019;37:3-19.
- Kagoma YK, Stall N, Rubinstein E, Naudie D. People, planet and profits: the case for greening operating rooms. *CMAJ*. 2012;184:1905-1911.
- Cunningham AJ, Krakauer K, Schofield C, Kenron D, Krishnaswami S. Reducing disposable surgical items: decreasing environmental impact and costs at a children's hospital, a pilot study. *J Surg Res*. 2023;288:309-314.
- Siddharthan KS, Agrawal A, Reddy JK. A simple surgical technique for splitting a single donor cornea for performing deep anterior lamellar keratoplasty and Descemet membrane endothelial keratoplasty without using a microkeratome. *Indian J Ophthalmol*. 2021;69:2441-2445.
- Huff ML, Jacobs AM, Huang E, Miles MG. Surgical marking pen contamination: writing a postoperative infection into your preoperative plan. *Cureus*. 2023;15:e40007.
- Hasanov M, Denschlag D, Seemann E, Gitsch G, Woll J, Klar M. Bipolar vessel-sealing devices in laparoscopic hysterectomies: a multicenter randomized controlled clinical trial. *Arch Gynecol Obstet*. 2018;297:409-414.
- Manatakis DK, Georgopoulos N. Reducing the cost of laparoscopy: reusable versus disposable laparoscopic instruments. *Minim Invasive Surg*. 2014;2014:408171.
- Kwakye G, Brat GA, Makary MA. Green surgical practices for health care. *Arch Surg*. 2011;146:131-136.
- Kemble JP, Winoker JS, Patel SH, Su ZT, Matlaga BR, Potretzke AM, Koo K. Environmental impact of single-use and reusable flexible cystoscopes. *BJU Int*. 2023;131:617-622.
- Keil M, Viere T, Helms K, Rogowski W. The impact of switching from single-use to reusable healthcare products: a transparency checklist and systematic review of life-cycle assessments. *Eur J Public Health*. 2023;33:56-63.
- Guetter CR, Williams BJ, Slama E, Arrington A, Henry MC, Möller MG, Tuttle-Newhall JE, Stein S, Crandall M. Greening the operating room. *Am J Surg*. 2018;216:683-688.
- McGain F, Jarosz KM, Nguyen MN, Bates S, O'Shea CJ. Auditing operating room recycling: a management case report. *A A Case Rep*. 2015;5:47-50.
- Pradere B, Mallet R, de La Taille A, Bladou F, Prunet D, Beurrier S, Bardet F, Game X, Fournier G, Lechevallier E, Meria P, Matillon X, Polguez T, Abid N, De Graeve B, Kassab D, Mejean A, Misrai V, Pinar U; Sustainability Task Force of the French Association of Urology. Climate-smart actions in the operating theatre for improving sustainability practices: a systematic review. *Eur Urol*. 2023;83:331-342.
- Charters L. Cataract surgeons on operating theatre waste: less is often more. *Ophthalmology Times Europe*. 2021.
- Khor HG, Cho I, Lee KRCK, Chieng LL. Waste production from phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2020;46:215-221.
- Clark NV, Gujral HS, Wright KN. Impact of a fellowship-trained minimally invasive gynecologic surgeon on patient outcomes. *JLS*. 2017;21:e2017.
- Ross S, Lier D, Mackinnon G, Bentz C, Rakowski G, Capstick VA. Can a simple 'cost-awareness' campaign for laparoscopic hysterectomy change the

- use and costs of disposable surgical supplies? Pre-post non-controlled study. *BMJ Open*. 2019;9:e027099.
27. Borgia A, Airaldi M, Kaye S, Romano V, Dell’Omo R, Gadhvi K, Moussa G, Raimondi R. Carbon footprint of fluorinated gases used in endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2024.
  28. Bahar I, Kaiserman I, Srinivasan S, Ya-Ping J, Slomovic AR, Rootman DS. Comparison of three different techniques of corneal transplantation for keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2008;146:905-912.
  29. Patel SV, Hodge DO, Bourne WM. Corneal endothelium and postoperative outcomes 15 years after penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2005;139:311-319.
  30. Beckingsale P, Mavrikakis I, Al-Yousuf N, Mavrikakis E, Daya SM. Penetrating keratoplasty: outcomes from a corneal unit compared to national data. *Br J Ophthalmol*. 2006;90:728-731.
  31. van den Biggelaar FJ, Cheng YY, Nuijts RM, Schouten JS, Wijdh RJ, Pels E, van Cleynenbreugel H, Eggink CA, Zaal MJ, Rijneveld WJ, Dirksen CD. Economic evaluation of deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty in The Netherlands. *Am J Ophthalmol*. 2011;151:449-459.
  32. Williams KA, Esterman AJ, Bartlett C, Holland H, Hornsby NB, Coster DJ. How effective is penetrating corneal transplantation? Factors influencing long-term outcome in multivariate analysis. *Transplantation*. 2006;81:896-901.
  33. Gorovoy MS. Descemet-stripping automated endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2006;25:886-889.
  34. Price FW Jr, Price MO. Descemet’s stripping with endothelial keratoplasty in 200 eyes: early challenges and techniques to enhance donor adherence. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32:411-418.
  35. Price MO, Baig KM, Brubaker JW, Price FW Jr. Randomized, prospective comparison of pre-cut vs surgeon-dissected grafts for Descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*. 2008;146:36-41.
  36. van den Biggelaar FJ, Cheng YY, Nuijts RM, Schouten JS, Wijdh RJ, Pels E, van Cleynenbreugel H, Eggink CA, Rijneveld WJ, Dirksen CD. Economic evaluation of endothelial keratoplasty techniques and penetrating keratoplasty in the Netherlands. *Am J Ophthalmol*. 2012;154:272-281.
  37. 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.
  38. Prabhu SS, Kaakeh R, Sugar A, Smith DG, Shtein RM. Comparative cost-effectiveness analysis of Descemet stripping automated endothelial keratoplasty versus penetrating keratoplasty in the United States. *Am J Ophthalmol*. 2013;155:45-53.
  39. Shah P, Mukhija R, Gupta N, Vanathi M, Tandon R. Cost-effectiveness of Descemet stripping automated endothelial keratoplasty versus penetrating keratoplasty in patients with endothelial dysfunction in India. *Indian J Ophthalmol*. 2021;69:2447-2451.
  40. 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.
  41. Green M, Wilkins MR. Comparison of early surgical experience and visual outcomes of DSAEK and DMEK. *Cornea*. 2015;34:1341-1344.
  42. Chamberlain W, Lin CC, Austin A, Schubach N, Clover J, McLeod SD, Porco TC, Lietman TM, Rose-Nussbaumer J. Descemet endothelial thickness comparison trial: a randomized trial comparing ultrathin Descemet stripping automated endothelial keratoplasty with Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Ophthalmology*. 2019;126:19-26.
  43. Dunker SL, Dickman MM, Wisse RPL, Nobacht S, Wijdh RHJ, Bartels MC, Tang ML, van den Biggelaar FJHM, Kruit PJ, Nuijts RMMA. Descemet membrane endothelial keratoplasty versus ultrathin Descemet stripping automated endothelial keratoplasty: a multicenter randomized controlled clinical trial. *Ophthalmology*. 2020;127:1152-1159.
  44. Simons RWP, Dunker SL, Dickman MM, Nuijts RMMA, van den Biggelaar FJHM, Dirksen CD; DMEK versus DSAEK Study Group. Trial-based cost-effectiveness analysis of Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) versus ultrathin Descemet stripping automated endothelial keratoplasty (UT-DSAEK). *Acta Ophthalmol*. 2023;101:319-329.
  45. Gibbons A, Leung EH, Yoo SH. Cost-effectiveness analysis of Descemet’s membrane endothelial keratoplasty versus Descemet’s stripping endothelial keratoplasty in the United States. *Ophthalmology*. 2019;126:207-213.
  46. Parekh M, Leon P, Ruzza A, Borroni D, Ferrari S, Ponzin D, Romano V. Graft detachment and rebubbling rate in Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Surv Ophthalmol*. 2018;63:245-250.
  47. Price DA, Kelley M, Price FW Jr, Price MO. Five-year graft survival of Descemet membrane endothelial keratoplasty (EK) versus Descemet stripping EK and the effect of donor sex matching. *Ophthalmology*. 2018;125:1508-1514.