



Sürdürülebilir Oftalmoloji Uygulamaları: Şaşılık ve Pediatrik Oftalmoloji Perspektifinden

Sustainable Ophthalmology Applications: From the Perspective of Strabismus and Pediatric Ophthalmology

© Zeynep Akgün, © Elif Demirkılınc Biler, © Melis Palamar

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Öz

Sağlık sektörünün karbon ayak izinde oftalmoloji önemli bir komponenti oluşturur. Oftalmoloji pratiğinde sürdürülebilirlik çalışmaları son yıllarda artmış olsa da pediatrik oftalmoloji ve şaşılık alanında neler yapılabileceği konusunda bilgi sınırlıdır. Bu derleme, mevcut literatürü incelemeyi ve bu alanlarda sürdürülebilirlik ve karbon ayak izinin azaltılması konusunda fikir vermeyi amaçlamaktadır. Konjenital ve gelişimsel kataraktlardan kaynaklanan karbon emisyonları özel olarak değerlendirmemiş olsa da katarakt cerrahisi ve ameliyathane uygulamalarıyla ilgili önlemler bu alanda geçerliliğini korumaktadır. Şaşılık cerrahileri halihazırda çevre dostu, uygun maliyetli ve enerji verimliliği yüksek prosedürler olarak kabul edilebilir. Hekim dışı personelin işleyişe dahil edilmesi, tele-tıp uygulamalarının yaygınlaştırılması ve poliklinik hizmetlerinin yeniden yapılandırılması klinik yoğunluğunu azaltabilir, maliyetleri düşürebilir ve sürdürülebilirliği artırabilir. Uzun süreli takip gerektiren ambliyopi muayeneleri gibi bazı muayeneler yerel sağlık merkezlerinde yapılabilir. Kapama tedavisiyle ilgili esas sorun uyum ve etkinlik olsa da kullanılan bantların önemli miktarda atık ve karbon ayak izi ürettiği unutulmamalı, alternatif çözümler göz önünde bulundurulmalıdır. Pediatrik muayenelerin ek bir sorunu da anestezi olup karbondioksit emisyonlarını azaltmak için çeşitli stratejiler önerilmiştir. Ayrıca, yapay zekâ umut vaat etmektedir ve muayenelere entegre edilmesi sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Özetle, pediatrik oftalmoloji ve

şaşılık, özellikle ameliyathanede oftalmolojinin çevre dostu alt dalları olarak kabul edilse de anesteziyenin ambliyopi tedavisine, poliklinik hizmetlerine kadar “sürdürülebilir oftalmoloji” için atılabilecek pek çok adım vardır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, karbon ayak izi, iklim değişikliği, şaşılık, pediatrik oftalmoloji

Abstract

Ophthalmology significantly contributes to the healthcare sector's carbon footprint. Despite recent increases in sustainability research in ophthalmology, there remains limited information on initiatives specific to pediatric ophthalmology and strabismus. This review aims to examine the existing literature and provide insights into sustainability and reducing carbon footprints in these areas. Although there has been no specific assessment of carbon emissions associated with congenital and developmental cataracts, measures related to cataract surgery and operating room practices remain relevant. Strabismus surgeries can be considered environmentally friendly, affordable, and energy-efficient procedures. Involving non-ophthalmologist personnel, expanding telemedicine applications, and restructuring outpatient services could reduce clinic congestion, lower costs, and improve sustainability. Some amblyopia examinations requiring long-term follow-up could be performed at local healthcare centers. While compliance and effectiveness are primary concerns in patching treatment, it is crucial to acknowledge that the patches generate significant waste and carbon footprints. Therefore, exploring alternative solutions is essential. Anesthesia poses an additional challenge for pediatric examinations, and various strategies have been suggested to reduce carbon dioxide emissions. Additionally, artificial intelligence is promising and its integration into pediatric ophthalmic examinations could further enhance sustainability. In brief, although pediatric ophthalmology and strabismus are considered environmentally friendly subspecialties of ophthalmology, especially in the operating room, there are many steps that can be taken for “sustainable ophthalmology,” from anesthesia to amblyopia treatment and outpatient clinic services.

Keywords: Sustainability, carbon footprint, climate change, strabismus, pediatric ophthalmology

Cite this article as: Akgün Z, Demirkılınc Biler E, Palamar M. Sustainable Ophthalmology Applications: From the Perspective of Strabismus and Pediatric Ophthalmology. *Türk J Ophthalmol.* 2026;56:47-53

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Melis Palamar, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

E-posta: melispalamar@hotmail.com

ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-2494-0131

Geliş Tarihi/Received: 18.08.2025

Revizyon Talebi/Revision Requested: 05.10.2025

Son Revizyon Alınma/Last Revision Received: 08.10.2025

Kabul Tarihi/Accepted: 22.10.2025

Yayın Tarihi/Publication Date: 18.02.2026

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.55562



Telif Hakkı © 2026 Yazar(lar). Türk Oftalmoloji Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.

Bu, Creative Commons Atıf-GayriTicari-TürevleriYaratılamaz 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı kapsamında açık erişimli bir makaledir.

Giriş

İklim değişikliği ve sera gazı emisyonlarındaki artış, dünya çapında sağlık için en büyük tehditlerden biridir.¹ Sağlık hizmetleri, geniş kapsamı ve özel ihtiyaçları nedeniyle iklim krizine önemli ölçüde katkıda bulunur. Dünya Bankası ve Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, 2020 itibarıyla sağlık sektörü, global karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) emisyonlarının yaklaşık %4-5'inden sorumludur.²

Sürdürülebilirlik, başta Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri olmak üzere küresel çapta alınmaya başlayan çok sayıda aksiyon ile beraber sağlık hizmetlerinde önemli bir öncelik haline gelmiştir.³ Sürdürülebilirlik ve “yeşil” sağlık hizmeti sunmak atık azaltma, enerji verimliliği ve kaynakların korunması yoluyla çevresel etkiyi en aza indirerek gelecek nesiller için sürdürülebilir bir çevre yaratmayı amaçlayan uygulamaları içerir. Çeşitli alanlarında yürütülen çok sayıda çalışma sonucu yıllar içinde farkındalık artmaya başlamıştır.⁴

Oftalmoloji, her yıl dünya çapında milyonlarca poliklinik hizmeti ve ameliyatın gerçekleştirildiği en büyük sağlık hizmeti alanlarından biridir. Dünya nüfusu ve ortalama yaşam beklentisi arttıkça oftalmolojiye olan talep de artmaktadır. Bu alanda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için yeniden kullanılabilir enstrümanların yaygınlaştırılması, ilaç israfının azaltılması ve ameliyathanelerde enerji ve kaynak kullanımının optimizasyonu gibi önemli adımlar atılabilir. Son yıllarda, oftalmoloji uygulamalarında sürdürülebilirlik üzerine yayın ve çalışmalarda artış mevcuttur.⁵ Literatür detaylı olarak incelendiğinde, mevcut araştırmaların ağırlıklı olarak cerrahi prosedürlere, özellikle de katarakt cerrahisine odaklandığı görülmektedir. Bu şaşırtıcı değildir, çünkü katarakt sadece oftalmolojide değil, tüm uzmanlık alanları arasında en yaygın cerrahi prosedürlerden biridir.⁶ Katarakt ve katarakt cerrahisinin yanı sıra sınırlı sayıda da olsa vitreoretinal, kornea ve glokom cerrahisi ile poliklinik hizmetlerine ilişkin raporlar da mevcuttur.^{7,8,9,10}

Pediyatrik oftalmoloji ve şaşılık, gözün hem ön hem de arka segmentini kapsayan, afferent ve efferent görme yolları gibi santral sinir sistemi bağlantılarını da inceleyen alt uzmanlık alanlarıdır. Ambliyopi, katarakt, nistagmus, prematüre retinopatisi ve şaşılık gibi çok geniş bir hastalık yelpazesi bu çalışma alanına girer. Hem poliklinik hizmetleri hem de cerrahi işlemler önemli bir kaynak kullanımı oluşturur.¹¹ Bununla beraber, bu alanda sürdürülebilirlik ile ilgili araştırmalar oldukça sınırlıdır. Bu derleme, mevcut literatürü analiz etmeyi, pediyatrik oftalmoloji ve şaşılıkta sürdürülebilirlik ve karbon ayak izinin azaltılması konusunda fikir sunmayı amaçlamaktadır.

Literatür Taraması

Oftalmolojide sürdürülebilirlik ve karbon ayak izinin azaltılması üzerine PubMed ve Google Akademik veri tabanları kullanarak kapsamlı bir literatür taraması yapıldı. Tarama, “sürdürülebilirlik”, “karbon ayak izi”, “sera gazı”, “CO₂e emisyonu”, “telemedikal”, “teleoftalmoloji”, “iklim değişikliği”, “göz sağlığı”, “oftalmik cerrahi”, “katarakt”, “seyahat”, “yapay zekâ”, “şaşıklık”, “ambliyopi” ve “pediyatrik oftalmoloji” anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirildi. Zaman, dil veya coğrafya açısından herhangi bir kısıtlama uygulanmadı. Makale başlıkları ve özetler taranarak pediyatrik oftalmoloji ve şaşılık ile ilgili yayınlar tam metin incelemesi için seçildi. Yazı dili İngilizce olmayan veya İngilizceye çevrilmemiş makaleler için yalnızca İngilizce özetler kullanıldı.

Önce Kısa Bir Hatırlatma: Genel Sürdürülebilirlik İlkeleri

Uygulanabilirliği ve anlaşılabilirliği kolaylaştırmak amacıyla sürdürülebilirlik ilkeleri 5R kuralı olarak özetlenir: Azalt (Reduce), Yeniden Kullan (Reuse), Dönüştür (Recycle), Yeniden Düşün (Rethink) ve Araştır (Research).¹² Oftalmolojide bu ilkeler hem ameliyathanede hem de poliklinikte uygulanabilir. Derlemenin geri kalanı şaşılık ve pediyatrik oftalmolojiye yönelik spesifik eylemlere odaklanacaktır.

Ameliyathanede Ne Tür Önlemler Alınabilir?

Ameliyathane birçok sürdürülebilirlik önleminin uygulamaya konulabileceği geniş bir çalışma sahasıdır. Oftalmoloji özelinde katarakt cerrahisi yüksek hasta sirkülasyonu, tek kullanımlık enstrüman ve ekipmanların fazla kullanımı ve yüksek enerji tüketimi olan cihazlara bağımlılığı nedeniyle önemli bir karbon ayak izine sahiptir.¹³ Morris ve ark.¹⁴ İngiltere’de 2011 yılında gerçekleştirilen 343.782 katarakt ameliyatının toplam karbon ayak izinin, bina ve enerji kullanımı, seyahat ve tedarik faktörleri dahil en az 63.000 ton CO₂e olduğunu bildirmiştir. Tek bir katarakt ameliyatının karbon ayak izi Yeni Zelanda’da 151,9 kg CO₂e, İspanya’da 86,62 kg ve Fransa’da 81,13 kg CO₂e’dir.^{15,16,17}

Hasta güvenliğini tehlikeye atmadan işlemi daha çevre dostu hale getirmek için çeşitli stratejiler önerilmiştir. Bu stratejilerin başında ameliyathanelerde enerji tüketimini azaltmak amacıyla oda kullanılmadığında ışıkları ve havalandırmayı kapatmak, ekipmanları gereksiz yere çalışır durumda bırakmamak gibi basit ve pratik çözümler yer alır.¹⁸ Bir diğer strateji ise ekipmanları tekrar kullanmak veya tekrar kullanılabilir tasarıma sahip olanları seçmektir. Kallay ve ark.¹⁹ özel olarak tasarlanmış tekrar kullanılabilir kasete sahip bir fakoemülsifikasyon cihazının, hasta güvenliği ile ilgili herhangi bir risk oluşturmaksızın tek

kullanımlık kasetli konvansiyonel cihazlara kıyasla plastik atık üretiminde %75,3 oranında azalma sağladığını tespit etmiştir. Güney Hindistan'daki Aravind Göz Bakım Sistemi bünyesindeki 11 bölgesel göz hastanesinde, ekipmanların yeniden kullanımı üzerine oldukça dikkat çekici çalışmalar yürütülmüştür. Cerrahi eldivenler, önlükler, irrigasyon/aspirasyon propları, irrigasyon şişeleri, bistüri ve kanüller maliyetleri düşürmek ve atık üretimini en aza indirmek amacıyla bölgede yaygın olarak yeniden kullanılmaktadır. Bölgenin katarakt sonrası endoftalmi oranları, global oranlara benzer veya daha düşüktür.^{20,21} Alınabilecek bir diğer önlem de atık yönetimini iyileştirmektir. Ameliyathane atıklarının çoğu kâğıt, plastik ambalaj, metal ve cam gibi geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmaktadır.¹⁴ Khor ve ark.²², katarakt cerrahisinde üretilen atığın yaklaşık %57'sinin klinik atık, %38'inin genel atık ve %6'sının kesici delici atık olarak sınıflandırılabilirliğini bildirmektedir. Üretilen genel atıkların %51'i geri dönüştürülebilir niteliktedir. Bu atıkların geri dönüştürülmesiyle CO₂eq emisyonları operasyon başına 0,421 kg'dan 0,282 kg'a düşürülebilmektedir.

Mevcut literatürde yalnızca konjenital ve gelişimsel kataraktların karbon emisyonlarını değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, yukarıda belirtilen karbon emisyon kaynakları ve çözümler bu olgular için de geçerliliğini korumaktadır. Bununla beraber, bu önlemleri uygularken, pediatrik olguların doğaları gereği enfeksiyon ve enflamatuvar durumlara daha yatkın olabileceği ve erişkinlerden farklı sonuçlarla karşılaşılabilirliği akılda tutulmalıdır.

Benzer şekilde, literatür taramasında şaşılık cerrahisinde alınabilecek spesifik önlemlerle ilgili bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Bununla beraber, ekonomik değerlendirmelerde şaşılık cerrahisinin oldukça uygun maliyetli olduğu gösterilmiştir.^{23,24} Beauchamp ve ark.²⁴ erişkin şaşılık cerrahisinin maliyet-fayda analizini değerlendirmiştir ve geliştirdikleri model ile olgu başına tahmini toplam maliyetin 4254 dolar olduğunu saptamıştır. Kaliteye göre ayarlanmış yaşam yılı (QALY) kazanımına göre değerlendirdiklerinde ise erişkin şaşılık cerrahisi 1632 dolar/QALY gibi bir maliyet oluşturmaktadır. Katarakt cerrahisinde ilk gözün 2093 dolar/QALY, ikinci gözün 2863 dolar/QALY, diyabete bağlı vitreus hemorajisinde uygulanan pars plana vitrektominin 2038 dolar/QALY, ambliyopi tedavisinin 2395 dolar/QALY maliyet oluşturduğu göz önüne alındığında şaşılık cerrahisinin oldukça maliyet etkin olduğu görülmektedir.^{25,26,27}

Lever ve ark.²⁸ oftalmik cerrahilerde üretilen atıklar üzerine yaptıkları çalışmalarında, intraoküler işlemlerin ekstraoküler işlemlere göre yaklaşık %80 daha fazla atık ürettiğini saptamıştır. Chicago'da Ann & Robert H. Lurie Çocuk Hastanesi'nde gerçekleştirilen oldukça güncel bir

çalışmada şaşılık cerrahisinde üretilen CO₂eq emisyonu incelenmiştir. Kullanılan malzemelerin CO₂eq'ları, Avrupa Katarakt ve Refraktif Cerrahi Derneği'nin Katarakt Cerrahisinde Sürdürülebilirlik Endeksi aracı kullanılarak hesaplanmış ve olgu başına ortalama toplam CO₂eq emisyonu 4,80 kg olarak saptanmıştır. Cerrahi örtüler, ortalama 2,54 kg CO₂eq üreterek bu ortalamanın en büyük componentini oluşturmaktadır ve olgu başına ortalama emisyonun %53'ünü temsil etmektedir. Bunu 1,51 kg CO₂eq ile kullanılmayan ameliyathane havluları, 0,33 kg CO₂eq ile pamuk uçlu aplikatörler izlemektedir.²⁹ Her ne kadar ülke bazında ve dahil edilen parametrelere göre değişkenlik gösterse de, tek bir katarakt ameliyatının CO₂eq emisyonunun 81,13-151,9 kg aralığında değiştiği göz önüne alındığında şaşılık cerrahisi çevre dostu ve verimliliği yüksek bir prosedürdür.

Poliklinik Hizmetlerini Yeniden Organize Etmek

Tele-tıptaki ilerlemeler ve COVID-19 önlemlerinden kalan uygulamaların devam etmesi ile birlikte, son yıllarda geleneksel yüz yüze ziyaretlere alternatif olarak sanal kliniklerin ve yerel sağlık merkezlerinin kullanımı artmıştır.³⁰ Bu yaklaşımların aynı zamanda zaman ve emek tasarrufu sağladığının farkına varılması, poliklinik hizmetlerinin yeniden yapılandırılmasında onları cazip birer seçenek haline getirmektedir. Oftalmolojide sürdürülebilirlik bilinci arttıkça, bu yöntemlerin yalnızca zaman ve emekten tasarruf sağlamakla kalmayıp aynı zamanda seyahat, bina, enerji kullanımı ve israfı da azaltarak sürdürülebilirliği desteklediğinin farkına varılmıştır. Bununla beraber tele-tıp hizmetlerinin de özellikle sunucu ve dijital cihaz kullanımı bakımından bir karbon ayak izi oluşturduğu unutulmamalıdır. Holmner ve ark.³¹ tele-tıp randevuları sırasında oluşan CO₂eq emisyonlarını rutin hizmetler ile karşılaştırmıştır. Tele-tıp hizmetlerinin ulaşım mesafesinin 7,2 km'den fazla olduğu durumlarda karbon maliyet-etkin hale geldiğini saptamıştır.

Pediatrik oftalmoloji ve şaşılık pratiği, pediatrik oftalmologlar, şaşılık uzmanları, optisyenler, hemşireler ve diğer personellerden oluşan geniş bir ekip tarafından gerçekleştirilmektedir.³² Poliklinik hizmetlerini yeniden organize ederken hekim olmayan personelin sisteme dahil edilmesi klinik yoğunluğunu azaltabilir, maliyetleri düşürebilir ve sürdürülebilirliği artırabilir. Bu konu hakkında ilginç bir çalışma Francis ve ark.³³ tarafından Birleşik Krallık'taki NHS Sheffield Eğitim Hastaneleri'nde yürütülmüştür. Çalışma ekibi Ocak 2015'ten beri sanal şaşılık klinikleri kullanmaktadır ve COVID döneminde bu poliklinikleri daha da geliştirmişlerdir. Hastaların hızlı bir şekilde hizmet almasını sağlarken seyahat, otopark masrafları, enerji tüketimi ve israfı azaltan çevre dostu ve sürdürülebilir bir hizmet sunmaktadırlar. Diğer ülkelerde

yapılan çalışmalar da hekim olmayan personelin sisteme entegrasyonunun olumlu bulunduğunu bildirmektedir. İspanya'da yapılan bir araştırmada, 42 pediatrik oftalmolog ve şaşılık uzmanının %90'ı, hasta yükünü hafifleteceğine inandıkları için ekibe ortoptistlerin dahil edilmesini desteklemektedir.³⁴

Pediatric Oftalmolojinin En Büyük Problemlerinden Biri Olan Ambliyopi Yönetiminde Neler Değiştirilebilir?

2020 yılında yayınlanan 60 çalışmadan toplam 16.385 olguyu değerlendiren bir meta-analizde, ambliyopi prevalansı %1,44 olarak saptanmıştır. 2019 yılında dünya çapında yaklaşık 99,2 milyon ambliyop mevcuttu ve bu sayının 2030 yılında 175,2 milyona, 2040 yılında ise 221,9 milyona çıkacağı tahmin edilmektedir.³⁵ Ambliyopi tedavisi genellikle uzun bir takip süresi boyunca tekrarlayan muayeneler gerektirir. Ambliyopi prevalansının yıllar içerisindeki yükselişi de göz önüne alındığında bu durum özellikle ulaşım kaynaklı ciddi miktarda karbon emisyonu anlamına gelmektedir.

Thomas ve ark.³⁶, hastanede ve yerel sağlık merkezinde tedavi gören ambliyop çocukların ulaşım, bekleme süresi ve tedavi maliyetleri karşılaştırmış ve her üç parametrenin de yerel sağlık merkezlerinde daha düşük olduğunu saptamıştır (Tablo 1). Bu nedenle, tanı sonrası takip ve kontrol muayenelerini yerel sağlık merkezlerinde yapmak güvenli, uygun maliyetli, zaman kazandıran ve çevre dostu bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

Ambliyopi yönetiminde bir diğer sorun da tek kullanımlık bantların ürettiği atıktır. Kapama tedavisiyle ilgili literatür esas olarak uyum ve etkinliğe odaklansa da kullanılan bantların önemli miktarda atık ve karbon ayak izi ürettiği tahmin edilmektedir. Penelizasyon, farmakoterapi ve levodopa gibi çeşitli alternatif tedavilere rağmen kapama tedavisi ambliyopi için hala altın standart olmaya devam etmektedir.^{37,38} Özellikle uyum sorununu ortadan kaldırmak amacıyla kapama bantlarına ek olarak, opak gözlükler, Doayne okluderleri, Bangerter filtreleri ve kontakt lens okluderleri özel olarak geliştirilmiş ve pazarlanmıştır.³⁹ Uygun fiyatlı ve çevre dostu bir seçenek olarak, elastik bir

kayışla başa sabitlenen kumaş ve köpükten yapılmış ürünler iyi bir alternatif olabilir. Pediatric Göz Hastalıkları Çalışma Grubu (*Pediatric Eye Disease Investigator Group*-PEDIG) tarafından yapılan bir araştırma, Bangerter filtrelerinin orta dereceli ambliyopisi (20/40-20/80) olan çocuklarda günde 2 saat kapama uygulamasına eşdeğer görme kazanımı sağladığını ortaya koymuştur.⁴⁰ PEDIG ayrıca atropin ve kapamanın orta dereceli ambliyop çocuklarda benzer görme kazanımı sağladığını bildirmektedir.⁴¹ Özellikle hafif ve orta şiddette ambliyop çocuklarda, hem uyumu artırmak hem de tedavinin çevresel etkisini azaltmak amacıyla bu alternatif tedavi seçenekleri değerlendirilebilir. Ayrıca, Abu-Ain ve Watts⁴² oklüzif kontakt lenslerin kabul edilebilir yan etki profili ile ambliyopi tedavisinde bir alternatif olabileceğini vurgulamaktadır.

Oftalmologların Karbon Ayak İzi: 2021 ve 2022 AAPOS Yıllık Toplantılarının Analizi

Son zamanlarda sağlık hizmetlerindeki sera gazı emisyonlarının bilinen kaynaklarına ek olarak konferansların karbon ayak izleri de incelenmeye başlanmıştır.⁴³ West ve Hunter⁴⁴ tarafından yürütülen dikkat çekici bir çalışmada pediatrik oftalmoloji toplantılarının karbon ayak izi incelenmiştir. Pandemi nedeniyle sanal olarak düzenlenen 2021 ve 2022 AAPOS Yıllık Toplantıları'nın CO₂eq emisyonlarını, yüz yüze yapılan toplantıların CO₂eq emisyonlarıyla karşılaştırmışlardır. Çalışma ekibi, sanal toplantı formatının 2021 yılında 1.282 ton CO₂eq emisyon tasarrufu sağladığını, bunun da bir yılda kullanılan 264 aracın emisyonuna eşdeğer olduğunu tespit etmiştir. Yüz yüze toplantılar, etkileşimleri kolaylaştırma, iş ortaklıkları kurma, atölye çalışmaları ve kurslara katılma gibi avantajlar sunsa da dünya çapında önemli bir ulaşım ve konaklama yükü oluşturarak ciddi bir karbon ayak izine yol açmaktadır.

Pediatric Muayenelerin Ek Bir Sorunu: Anestezi

Datta ve ark.⁴⁵, anestezi altında oftalmolojik muayene yapılan 1 ila 5 yaşlarındaki 50 çocuğu iki gruba randomize etmiştir. Her iki gruba da O₂:N₂O içinde %8 sevofluran (40:60) uyguladıktan sonra, bir grupta (Grup S) O₂:N₂O içinde 1 L/dk taze gaz akışıyla (50:50) standart %2 sevofluran rejimi uygulamışlardır. Diğer grupta ise (Grup L), sevofluran vaporizatörünü kapatarak taze gaz akışını 0,5 L/dk'ya düşürmüşlerdir. Gruplar arasında etkin anestezi süresi (medyan 14-15 dakika) açısından fark saptanmazken Grup L olgu başına 2 mL daha az sevofluran (p<0,001, 95% güven aralığı: 0,96-3,04) ve 3,75 mL daha az nitroz oksit kullanmıştı. Ayrıca laringeal maske çıkarılma süresi, Grup L'de (86 sn) Grup S'ye (131 sn) kıyasla daha düşüktü (p=0,002, 95% güven aralığı: 19,85-70,15). Bu anestezi yaklaşımı kullanılarak günlük ortalama 11.327 L daha az CO₂ üretilmiştir. Çalışma ekibi, bu yöntemin anestezi süresi ve kalitesini etkilemeden olumsuz çevresel etkiyi azaltabileceğini ileri sürmektedir.⁴⁵

Tablo 1. Hastanede ve yerel sağlık merkezinde tedavi gören ambliyop çocukların ortalama ulaşım, bekleme süresi ve tedavi maliyetleri

	Hastane (n=92)	Yerel sağlık merkezi (n=71)
Ortalama ulaşım mesafesi (mil)	6,4	3,7
Geçirilen ortalama süre (dk)	82	20
Muayene ortalama maliyeti (pound)	100	55

Pediatric hastalar, santral sinir sisteminin vücut ısını düzenleme kapasitesinin daha düşük olması, vücut ağırlığı/ yüzey alanı oranlarının yetişkinlerden farklı olması ve daha düşük subkutan yağ dokusu sebebiyle hipotermi açısından yüksek riskli bir gruptur.⁴⁶ Bu durumla mücadele ederken tüm ameliyathaneyi ısıtmak yerine, prosedür boyunca yeterli vücut sıcaklığını korumak için forced-air ısıtmanın kullanılması sürdürülebilir bir önlem olarak önerilmektedir.⁴⁷

Son olarak, “laryngeal mask airway” (LMA) uzun yıllardır oftalmik cerrahide kullanılmakta ve göz içi basıncı ve kardiyovasküler stabilite açısından trakeal entübasyona göre avantajlar sunmaktadır.⁴⁸ Pediatric hastalarda yapılan bir çalışmada LMA’nın hem anestezi süresi hem de uyanma süresi açısından geleneksel entübasyona göre avantajlı olduğu bulunmuştur.⁴⁹ Bu durum, başta ameliyathanenin verimliliği olmak üzere anestezi sürecinin verimliliği açısından dikkate alınmalıdır.

Pediatric Oftalmoloji ve Şaşılıkta Yapay Zekâ Kullanımı

Yapay zekâ çeşitli ön ve arka segment patolojileri, optik sinir hastalıkları, şaşılık ve pediatric hastalıkların tanı ve yönetiminde rol oynamaya başlamıştır. Tanı doğruluğundaki iyileşmelerle birlikte, taramalarda iş yükünü ve maliyetleri azaltmada özellikle değerli hale gelmiştir.⁵⁰ Chen ve ark.⁵¹ çocuklarda şaşılık da dahil olmak üzere 16 yaygın göz patolojisini teşhis edebilen derin öğrenmeye dayalı bir tarama yöntemi tanıtmıştır. Bir başka çalışmada, Long ve ark.⁵² 4.196 bebeğin davranışsal fenotiplerini analiz ederek anormal paternleri başarıyla (eğri altındaki alan: %86,4-%93,0) tanımlayan bir sistem geliştirmiştir. Shu ve ark.⁵³, geliştirdikleri mobil fotoğrafları kullanan yapay zekâ modelinin miyopi, şaşılık ve ptozisi etkili bir şekilde tespit ettiğini (duyarlılık sırasıyla %84, %73 ve %85) bildirmektedir.

Ayrıca, şaşılıkta kayma miktarını nicel olarak ölçebilen mobil fotoğraf destekli programlar geliştirilmiştir. Bu programların, hem ortoptistler hem de şaşılık uzmanları için teleoftalmoloji muayenelerinde, olguların tanısında ve hatta cerrahi kararında faydalı olabileceği ileri sürülmektedir.^{54,55} Diğer bazı çalışmalar da benzer başarılı sonuçlar bildirmektedir ve standardizasyon sağlandığında yapay zekanın muayenelerin önemli bir parçası haline geleceğine inanılmaktadır.^{56,57,58} Bu ilerleme, ulaşım, atık yönetimi ve enerji tüketimi gibi pek çok alanda kaynakların korunmasına ve sürdürülebilirliğin teşvik edilmesine yardımcı olacaktır.

Özetle, sürdürülebilirlik uygulamaları üzerine araştırmalar son zamanlarda artmış olsa da pediatric oftalmoloji ve şaşılıkta neler yapılabileceği konusunda bilgi sınırlıdır. Polikliniklerde ve ameliyathanelerde

uygulanabilecek genel sürdürülebilirlik ilkelerine ek olarak, pediatric oftalmoloji ve şaşılığın temel alanlarıyla ilgili bazı önlemler—optometristler gibi hekim dışı personelin dahil edilmesi, yerel sağlık merkezlerinde ambliyopi muayenelerinin yapılması, yapay zekanın entegre edilmesi ve anestezi protokolleriyle önlemler alınması gibi—bu alandaki karbon ayak izinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bununla beraber mevcut literatürün çok farklı sağlık sistemlerinden kaynaklandığı, farklı gelişmişlik düzeyine sahip ülkelerde ve farklı uygulama pratiklerinde sonuçların değişkenlik gösterebileceği de akılda tutulmalıdır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Konsept: M.P., E.D.B., Dizayn: M.P., E.D.B., Literatür Arama: Z.A., Yazan: Z.A., E.D.B., M.P.

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

- 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, Redclift 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.
- Winklmair N, Chang DF, Findl O. Sustainable practices in ophthalmology—steps towards environmental stewardship in healthcare. Wien Med Wochenschr. 2025;175:203-209.
- Morton S, Pencheon D, Squires N. Sustainable Development Goals (SDGs), and their implementation: a national global framework for health, development and equity needs a systems approach at every level. Br Med Bull. 2017;124:81-90.
- Rodríguez-Jiménez L, Romero-Martín M, Spruell T, Steley Z, Gómez-Salgado J. The carbon footprint of healthcare settings: a systematic review. J Adv Nurs. 2023;79:2830-2844.
- Lee GG, Menean M, Williams BK Jr, Di Nicola M. Eco-sustainability in ophthalmology. Curr Opin Ophthalmol. 2024;35:403-408.
- Kiyat P, Palamar M. Analysis of sustainability strategies in cataract surgery and surgeon perspective in reducing carbon footprint. Int Ophthalmol. 2025;45:223.
- Moussa G, Ch’ng SW, Ziaei H, Jalil A, Park DY, Patton N, Ivanova T, Lett KS, Andreatta W. The use of fluorinated gases and quantification of carbon emission for common vitreoretinal procedures. Eye (Lond). 2023;37:1405-1409.
- Nambur S, Pillai M, Varghese G, Thiel C, Robin AL. Waste generated during glaucoma surgery: a comparison of two global facilities. Am J Ophthalmol Case Rep. 2018;12:87-90.
- Kiyat P, Palamar M. Strategies for sustainability and cost optimization in corneal transplantation: from surgeons’ perspective. Turk J Ophthalmol. 2025;55:29-35.

10. Akgun Z, Palamar M. Sustainability and minimization of carbon footprint in ophthalmology: what can we change in the outpatient clinic routine? *Eye*. 2025;39:2363-2368.
11. Lueder G, Galli M, Cho JCC, Liegel K. Pediatric ophthalmology scope of practice. *J Binocul Vis Ocul Motil*. 2023;73:53-54.
12. Lattanzio S, Stefanizzi P, D'ambrosio M, Cuscianna E, Riformato G, Migliore G, Tafuri S, Bianchi FP. Waste management and the perspective of a green hospital-a systematic narrative review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:15812.
13. Chang DF. Needless waste and the sustainability of cataract surgery. *Ophthalmology*. 2020;127:1600-1602.
14. Morris DS, Wright T, Somner JE, Connor A. The carbon footprint of cataract surgery. *Eye (Lond)*. 2013;27:495-501.
15. Pascual-Prieto J, Nieto-Gómez C, Rodríguez-Devesa I. The carbon footprint of cataract surgery in Spain. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)*. 2023;98:249-253.
16. Latta M, Shaw C, Gale J. The carbon footprint of cataract surgery in Wellington. *N Z Med J*. 2021;134:13-21.
17. Ferrero A, Thouvenin R, Hoogewoud F, Marcireau I, Offret O, Louison P, Monnet D, Brézin AP. The carbon footprint of cataract surgery in a French University Hospital. *J Fr Ophthalmol*. 2022;45:57-64.
18. 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.
19. Kallay O, Sadad R, Zafzafi A, Motulsky E. Cataract surgery and environmental sustainability: a comparative analysis of single-use versus reusable cassettes in phacoemulsification. *BMJ Open Ophthalmol*. 2024;9:e001617.
20. Thiel CL, Schehlein E, Ravilla T, Ravindran RD, Robin AL, Saeedi OJ, Schuman JS, Venkatesh R. Cataract surgery and environmental sustainability: Waste and lifecycle assessment of phacoemulsification at a private healthcare facility. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43:1391-1398.
21. Haripriya A, Ravindran RD, Robin AL, Shukla AG, Chang DF. Changing operating room practices: the effect on postoperative endophthalmitis rates following cataract surgery. *Br J Ophthalmol*. 2022;107:780-785.
22. Khor HG, Cho I, Lee KRCK, Chieng LL. Waste production from phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2020;46:215-221.
23. Fujiike K, Mizuno Y, Hiratsuka Y, Yamada M; Strabismus Surgery Study Group. Quality of life and cost-utility assessment after strabismus surgery in adults. *Jpn J Ophthalmol*. 2011;55:268-276.
24. Beauchamp CL, Beauchamp GR, Stager DR Sr, Brown MM, Brown GC, Felius J. The cost utility of strabismus surgery in adults. *J AAPOS*. 2006;10:394-399.
25. Sharma S, Hollands H, Brown GC, Brown MM, Shah GK, Sharma SM. The cost-effectiveness of early vitrectomy for the treatment of vitreous hemorrhage in diabetic retinopathy. *Curr Opin Ophthalmol*. 2001;12:230-234.
26. Busbee BG, Brown MM, Brown GC, Sharma S. Cost-utility analysis of cataract surgery in the second eye. *Ophthalmology*. 2003;110:2310-2317.
27. Busbee BG, Brown MM, Brown GC, Sharma S. Incremental cost-effectiveness of initial cataract surgery. *Ophthalmology*. 2002;109:612-613.
28. Lever M, Smetana N, Bechrakis NE, Foerster A. Erhebung und Reduktion der Abfallproduktion im Augenoperationsbereich [Survey and reduction of waste production from eye surgery]. *Ophthalmologie*. 2023;120:932-939.
29. Hariharan SK, Hassan MT, Tharp MA, Palmer DJ, Ramirez DA. Sustainable Strabismus surgery: understanding waste produced in pediatric ophthalmology's most common procedure. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2025;66:1149.
30. Kilduff CL, Thomas AA, Dugdill J, Casswell EJ, Dabrowski M, Lovegrove C, Sim DA, Hay GR, Thomas PB. Creating the Moorfields' virtual eye casualty: video consultations to provide emergency teleophthalmology care during and beyond the COVID-19 pandemic. *BMJ Health Care Inform*. 2020;27:e100179.
31. Holmner A, Ebi KL, Lazuardi L, Nilsson M. Carbon footprint of telemedicine solutions--unexplored opportunity for reducing carbon emissions in the health sector. *PLoS One*. 2014;9:e105040.
32. Bernstein BK, Nelson LB. Workforce issues in pediatric ophthalmology. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2020;57:9-11.
33. Francis JE, Rhodes M, Simmons J, Choi J. Utilising virtual clinics and orthoptists to aid COVID-19 service recovery in adult strabismus. *Br Ir Orthopt J*. 2022;18:144-151.
34. Cruz Lasso AM. Enhancing paediatric and strabismus ophthalmology departments in Spain through the inclusion of orthoptists: insights from a nationwide survey. *Br Ir Orthopt J*. 2024;20:241-257.
35. Fu Z, Hong H, Su Z, Lou B, Pan CW, Liu H. Global prevalence of amblyopia and disease burden projections through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol*. 2020;104:1164-1170.
36. Thomas R, Brocklesby L, Coleman A, Cuchhadia V, Dunham D, Glaze S, Khandelwal P, Dahlmann-Noor A. Triple bottom line: sustainability in amblyopia care. *Eye (Lond)*. 2016;30:1029-1030.
37. Park SH. Current management of childhood amblyopia. *Korean J Ophthalmol*. 2019;33:557-568.
38. Sen S, Singh P, Saxena R. Management of amblyopia in pediatric patients: current insights. *Eye (Lond)*. 2021;36:44-56.
39. Kaur S, Sharda S, Aggarwal H, Dadeya S. Comprehensive review of amblyopia: types and management. *Indian J Ophthalmol*. 2023;71:2677-2686.
40. Pediatric Eye Disease Investigator Group Writing Committee; Rutstein RP, Quinn GE, Lazar EL, Beck RW, Bonsall DJ, Cotter SA, Crouch ER, Holmes JM, Hoover DL, Leske DA, Lorenzana JJ, Repka MX, Suh DW. A randomized trial comparing Bangerter filters and patching for the treatment of moderate amblyopia in children. *Ophthalmology*. 2010;117:998-1004.
41. Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of atropine vs. patching for treatment of moderate amblyopia in children. *Arch Ophthalmol*. 2002;120:268-278.
42. Abu-Ain MS, Watts P. The use of occlusive contact lenses after failure of conventional for treatment of amblyopia. *Saudi J Ophthalmol*. 2022;37:6-9.
43. McClintic SM, Stashevsky AG. Assessing strategies to reduce the carbon footprint of the annual meeting of the American Academy of Ophthalmology. *JAMA Ophthalmol*. 2023;141:862-869.
44. West CE, Hunter DG. Carbon footprint of the 2021 and 2022 AAPOS annual meetings. *J AAPOS*. 2022;26:255-257.
45. Datta PK, Sinha R, Ray BR, Jambunathan V, Kundu R. Anesthesia maintenance with 'induction dose only' sevoflurane during pediatric ophthalmic examination: comparison with standard low-flow

- technique through a randomized controlled trial. *Paediatr Anaesth*. 2017;27:162-169.
46. Liu X, Shi Y, Ren C, Li X, Zhang Z. Effect of an electric blanket plus a forced-air warming system for children with postoperative hypothermia: a randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96:e7389.
47. Weisheit CK, Geerling G, Holz FG, Coburn M. High-impact actions to reduce the carbon dioxide footprint in an ophthalmic operation room: a narrative review. *Ophthalmologica*. 2023;246:169-173.
48. Balkan BK, Günenç F, Iyilikçi L, Gökel E, Yaman A, Berk AT. The laryngeal mask airway (LMA) in paediatric ophthalmic anaesthesia practice. *Eur J Anaesthesiol*. 2005;22:77-79.
49. Yang CJ, Cheng PL, Huang YJ, Huang FH. Laryngeal mask airway as an appropriate option in pediatric laparoscopic inguinal hernia repair: a systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Surg*. 2024;59:660-666.
50. Wu D, Huang X, Chen L, Hou P, Liu L, Yang G. Integrating artificial intelligence in strabismus management: current research landscape and future directions. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2024;249:10320.
51. Chen W, Li R, Yu Q, Xu A, Feng Y, Wang R, Zhao L, Lin Z, Yang Y, Lin D, Wu X, Chen J, Liu Z, Wu Y, Dang K, Qiu K, Wang Z, Zhou Z, Liu D, Wu Q, Li M, Xiang Y, Li X, Lin Z, Zeng D, Huang Y, Mo S, Huang X, Sun S, Hu J, Zhao J, Wei M, Hu S, Chen L, Dai B, Yang H, Huang D, Lin X, Liang L, Ding X, Yang Y, Wu P, Zheng F, Stanojcic N, Li JO, Cheung CY, Long E, Chen C, Zhu Y, Yu-Wai-Man P, Wang R, Zheng WS, Ding X, Lin H. Early detection of visual impairment in young children using a smartphone-based deep learning system. *Nat Med*. 2023;29:493-503.
52. Long E, Liu Z, Xiang Y, Xu A, Huang J, Huang X, Li X, Lin Z, Li J, Chen J, Zhang Y, Zhu Y, Chen C, Zhou Z, Ding X, Wu X, Li W, Chen H, Li R, Yang Y, Zheng W, Chen W, Lin H, Liu Y. Discrimination of the behavioural dynamics of visually impaired infants via deep learning. *Nat Biomed Eng*. 2019;3:860-869.
53. Shu Q, Pang J, Liu Z, Liang X, Chen M, Tao Z, Liu Q, Guo Y, Yang X, Ding J, Chen R, Wang S, Li W, Zhai G, Xu J, Li L. Artificial intelligence for early detection of pediatric eye diseases using mobile photos. *JAMA Netw Open*. 2024;7:e2425124.
54. Bose A, Amitava AK, Gupta Y, Sharma N, Raza SA, Masood A, Singh R, Meena G. To compare horizontal strabismus deviation as assessed from photographs with that in the strabismus clinic using the prism bar. *Indian J Ophthalmol*. 2024;72:1199-1203.
55. Dericioğlu V, Çerman E. Quantitative measurement of horizontal strabismus with digital photography. *J AAPOS*. 2019;23:18.
56. Mao K, Yang Y, Guo C, Zhu Y, Chen C, Chen J, Liu L, Chen L, Mo Z, Lin B, Zhang X, Li S, Lin X, Lin H. An artificial intelligence platform for the diagnosis and surgical planning of strabismus using corneal light-reflection photos. *Ann Transl Med*. 2021;9:374.
57. Wu D, Li Y, Zhang H, Yang X, Mao Y, Chen B, Feng Y, Chen L, Zou X, Nie Y, Yin T, Yang Z, Liu J, Shang W, Yang G, Liu L. An artificial intelligence platform for the screening and managing of strabismus. *Eye (Lond)*. 2024;38:3101-3107.
58. Nagino K, Sung J, Midorikawa-Inomata A, Eguchi A, Fujimoto K, Okumura Y, Miura M, Yee A, Hurramhon S, Fujio K, Akasaki Y, Hirokawa K, Huang T, Ohno M, Morooka Y, Zou X, Kobayashi H, Inomata T. Clinical utility of smartphone applications in ophthalmology: a systematic review. *Ophthalmol Sci*. 2024;4:100342.