

Ortopedik cerrahide çevre dostu uygulamalar

Environmentally friendly practices in orthopedic surgery

Esmâ Özşaker

Ege Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği Ana Bilim Dalı, İzmir

Dünya Sağlık Örgütü iklim değişikliğini 21. yüzyılda küresel sağlığa yönelik en büyük tehdit olarak tanımlamıştır. Sağlık hizmeti, özellikle cerrahi girişimler, iklim değişikliğine doğrudan katkıda bulunan, en fazla enerji tüketen, kirliliğe, sera gazı emisyonlarına ve toksik atık maddelere katkıda bulunan uygulamalardır. İklim değişikliğinin küresel bir öncelik olmasıyla, hastanelerin bu tür uygulamaların çevresel etkisini yeniden değerlendirmesi hayati önem taşır. Özellikle ortopedik cerrahide, diğer cerrahi uzmanlık alanlarından %60 daha fazla atık üretildiği belirtilmektedir. Çevresel olarak sürdürülebilir cerrahi bakım verme sağlık profesyonellerinin sorumluluğudur. Sürdürülebilirlik ilkeleri, azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme, yeniden düşünme ve araştırma şeklinde bir '5R' stratejisi kullanır. Çevresel sürdürülebilirliği iyileştirmeye yönelik '5R' stratejisinin ortopedik cerrahide geniş bir rolü vardır. Ortopedik cerrahide çevre dostu uygulamalar enerji tüketimini azaltmayı, kaynakları ve ham maddeleri akılcıca kullanmayı, çevre kirliliğini azaltmayı içeren ve hastalar için en iyi sonuçları çevre dostu bir şekilde elde etmeyi amaçlayan cerrahi bir yolu kapsar. Bu derlemede ortopedik cerrahide çevresel sorumluluk yoluyla sürdürülebilir bir dünyaya katkıda bulunmak için uygulanabilecek basit ve etkili çevre dostu eylemler özetlenmiştir.

Anahtar sözcükler: ortopedik cerrahi; çevresel etki; atık yönetimi; çevre dostu uygulama; sürdürülebilirlik

The World Health Organization has stated that the greatest threat to global health in the 21st century is climate change. Healthcare, and surgical procedures in particular, are the most energy-intensive and contribute directly to climate change through pollution, greenhouse gas emissions and toxic waste. With climate change a global priority, it is vital that hospitals reassess the environmental impact of these practices. Orthopaedic surgery in particular is reported to generate 60% more waste than other surgical specialties. It is the responsibility of healthcare professionals to provide environmentally sustainable surgical care. Sustainability principles utilise a '5R' strategy of reduce, reuse, recycle, rethink and research. The '5R' strategy to improve environmental sustainability has a broad role in orthopaedic surgery. Environmentally friendly practices in orthopaedic surgery encompass a surgical pathway that includes reducing energy consumption, using resources and raw materials wisely, reducing environmental pollution, and aiming to achieve the best outcomes for patients in an environmentally friendly way. This review summarises simple and effective environmentally friendly actions that can be implemented in orthopaedic surgery to contribute to a sustainable world through environmental responsibility.

Key words: orthopaedic surgery; environmental impact; waste management; environmentally friendly practice; sustainability

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) iklim değişikliğini 21. yüzyılda küresel sağlığa yönelik en büyük tehdit olarak tanımlamıştır.^[1] İklim değişikliği, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının bir sonucudur.^[2] Sağlık faaliyetleri nedeniyle üretilen sera gazları, atmosferde ısıyı hapsedir ve aşırı konsantrasyonlarda iklim değişikliğine olumsuz katkıda bulunur.^[3,4] Sağlık sektörü sera gazı emisyonlarının yaklaşık %10'undan sorumludur ve son birkaç yılda bu malzemelerin kullanımını %15 oranında arttırmıştır.^[5] Bu nedenle sağlık kurumları dünya çapında önemli bir kirlilik kaynağı oluş-

turmakta ve küresel ısınmayla ilişkili çevresel değişikliklere katkıda bulunmaktadır.^[6]

İklim değişikliği, dünya çapında tüm canlılar için büyük bir tehdittir. İnsan faaliyetleri nedeniyle oluşan küresel ısınmanın, yoğun sıcak hava dalgası, fırtına ve sel gibi doğa olaylarına ve yeni bulaşıcı hastalıkların evrimine neden olduğu, ayrıca kirlilik, biyolojik çeşitlilik kaybı ve doğal kaynakların kıtlığı şeklinde sağlığı etkilediği ve viral, bakteriyel ve vektör kaynaklı enfeksiyonların yayılması için ideal bir ortam oluşturduğu, bu tür değişikliklerin hastalık ve ölüm oranlarını arttırabildiği,

İletişim / Contact: Doç. Dr. Esmâ Özşaker • **E-posta / E-mail:** esma.ozsaker@ege.edu.tr

ORCID ID: Esmâ Özşaker, 0000-0002-4878-1841

Geliş / Received: 31 Aralık 2024 • **Revizyon / Revised:** 27 Ocak 2025, 21 Şubat 2025 • **Kabul / Accepted:** 21 Şubat 2025

popülasyonların başka yerlere göç etmeye zorlayabileceği ve tüm ekosistemleri yok edebileceği belirtilmektedir.^[4,7-12] Küresel sıcaklık artışının 2°C'yi aşması ve bunun sonucunda ortaya çıkacak iklim bozulmalarını önlemek için tüm endüstrilerin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmesi önerilmiş ve sağlık hizmetlerini "yeşillendirme" veya sağlık hizmetlerinin "karbon ayak izini azaltma" yönünde bir hareket başlamıştır.^[6,13]

Sağlık sektöründe cerrahi işlemler, yoğun kaynak gerektiren bir sağlık hizmetidir. Önemli miktarda elektrik tüketilir, ısıtma, havalandırma ve klima için enerji harcanır; anestezi gazları ve sarf malzemeleri kullanılır. Ayrıca, bol miktarda atık üretilerek yüksek karbon ayak izi oluşur.^[13] Özellikle ameliyathaneler, hastanenin geri kalanına kıyasla üç ile altı kat daha fazla enerji tüketir.^[8]

Ortopedik cerrahinin çevresel etkileri; atık yönetimi, kaynak tüketimi ve karbon emisyonları olmak üzere üç alanda ele alınmaktadır.^[3] Bir ortopedik cerrahi girişimin diğer uzmanlık alanlarına kıyasla %60 daha fazla atık ürettiği belirtilmektedir.^[1] Ortopedi ameliyathaneleri, önemli enerji tüketimi ve atık üretimi nedeniyle çevre üzerinde özellikle önemli bir etkiye sahiptir. Ameliyathanede bir vakanın ortalama karbon ayak izinin 146-232 kg karbondioksit (CO₂) olduğu tahmin edilmektedir. Bu değer, bir arabanın 650 km-1110 km yol kat etmesiyle oluşan CO₂ emisyonuna eş değerdir.^[1] Ortopedik cerrahide, hızla yaşlanan nüfus nedeniyle ameliyat sayısının giderek artacağı ve her yıl gerçekleştirilen toplam ameliyat sayısının diğer uzmanlık dallarını yakında geçebileceği öngörülmektedir.^[14,15] Ayrıca, ortopedik cerrahide, implantların kullanımı, hastalar için fizik tedavi vb. uzun mesafeli seyahat gereksinimi, vakaların çoğunda güçlü sera gazları olan inhalasyon anestezi ajanlarının kullanımı, ameliyat sırasında her birini sterilize etmek için enerji ve su gerektiren çok sayıda steril tepsi kullanımı gibi nedenlerle iklim değişikliği ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı konusunda proaktif bir rol üstlendiğinden ortopedik cerrahide çevre dostu uygulamalar yapılması önemlidir.^[6]

ORTOPEDİK CERRAHİDE ÇEVRE DOSTU UYGULAMALAR

Çevre dostu uygulamalar, enerji tüketimini azaltmayı, kaynakları dikkatli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanmayı ve çevre kirliliğini azaltmayı ifade eder.^[16-18] Çevre dostu cerrahi ürünler ve atık yönetimi stratejileri, hasta bakımından ödün vermeden atık üretiminin olumsuz etkilerinin azaltılmasını sağlayabilir. Cerrahide çevre dostu uygulamalar arasında; daha küçük karbon ayak izine sahip anestezi tekniklerinin seçilmesi, tek kullanımlık aletlerin en aza indirilmesi, küçük özel tasarım

cerrahi paketlerin kullanılması, atıkların uygun şekilde ayrılması, geri dönüşüm protokollerinin uygulanması yer alır.^[11] Ülkemizde yapılan bir çalışmada, ameliyathanelerin %83,3'ünün atıklarını sürekli olarak takip ettiği %72,2'sinin malzeme kullanımını azaltmak için cerrahi setlerini yenilediği, %72,2'sinin cerrahi setlerinde tek kullanımlık malzemeler yerine tekrar kullanılabilir malzemeler kullanmayı tercih ettiği saptanmıştır.^[17]

Ortopedik cerrahi kliniğinde çalışan tüm sağlık profesyonelleri, ameliyathane atıkları, ulaşım ve implant üretiminden kaynaklanan karbon emisyonları, anestezi gazları ve su kullanımı alanlarında iklim değişikliği ve bunun etkilerine yönelik proaktif bir rol üstlenebilirler.^[19] Bu amaçla, çevre dostu uygulamaların farkında olmalı ve sağlıklı bir çevrenin korunmasında aktif rol almalıdırlar. Birkaç yapısal, davranışsal ve prosedürel önlem, ortopedik cerrahi prosedürlerin çevre üzerindeki zararlı etkilerini azaltabilir.^[20] Hemşireler, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayarak kurumlarında değişiklik yaratma fırsatına sahiptir. Bu, boş odalardaki ışıkları söndürme veya kullanılmayan bilgisayarlarla elektronik ekipmanları kapatma gibi basit uygulamaları da içerir. Hemşirelerin kendilerine şu soruları sorma sorumluluğu vardır: "Daha az kullanılabilir miyiz? Yeniden kullanılabilir mi? Geri dönüştürülebilir mi?"^[10] Bu derlemede ortopedik cerrahide çevre dostu uygulamalar sürdürülebilirliğin '5R' stratejisi olan azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme, yeniden düşünme, araştırma ve eğitim başlıkları altında Tablo 1'de ele alınmıştır.^[4,6,20,21,22]

Hastane Kaynaklı Çevresel Ayak İzlerini Azaltmak

Günümüz ikliminde, hastanelerin doğayı korumak amacıyla çevresel sürdürülebilirlikle ilgili sorumluluklarını yeniden değerlendirmeleri hayati önem taşır. Dünya çapındaki birçok hastane çevresel ayak izlerini azaltmak için önlemler uygulamaya başlamıştır.^[21] Enerji ve su kullanımını azaltmak, uygunsuz malzeme tüketiminden kaçınmak çevresel etkiyi azaltmada ve sürdürülebilirliği sağlamada en önemli stratejilerdir.^[1,2,6] İngiltere'de, klinisyenlerin çevreye etkilerini azaltmak, sürdürülebilir cerrahi yapmalarına yardımcı olmak için bir "Yeşil Ameliyathane Kontrol Listesi" yayınlamıştır. Bu liste, tedarik, atık yönetimi, enerji tüketimi ve anestezi endişeleri dâhil olmak üzere çevre bilincine sahip uygulamanın çeşitli yönleri hakkında kanıta dayalı rehberlik sağlar.^[23] Sağlık çalışanları atık oluşumunu azaltarak, enerjiyi koruyarak, yeşil veya çevre dostu ürünler kullanarak, ameliyathanedeki kaynakları ve malzemeleri geri dönüştürerek ve yeniden kullanarak atıkları en aza indirmek için adımlar atabilir.^[17]

Tablo 1. Çevre dostu uygulamalar

Azaltmak (<i>Reduce</i>)	Ameliyat gereksinimini azaltmak Tıbbi atıkları azaltmak Tek kullanımlık malzemeleri ve sarf malzemelere olan talebi azaltmak Su tüketimini azaltmak Enerji tüketimini azaltmak İlaç atıklarını azaltmak
Yeniden kullanmak (<i>Reuse</i>)	Cerrahi ekipmanları işleyerek yeniden kullanmak Tek kullanımlık ürünler yerine tekrar kullanılabilir ürünler kullanmak
Geri dönüştürmek (<i>Recycle</i>)	Geri dönüşüm istasyonları kurmak Uygun atık toplama, taşıma, ayırma ve bertaraf etmek
Yeniden düşünmek (<i>Rethink</i>)	Cerrahi setlerden kullanılmayan gereksiz malzemeleri çıkarmak Çevre dostu cerrahi uygulamaları tercih etmek Çevre dostu malzemeler satın almak Anestezi gazları yerine alternatif teknikleri tercih etmek Seyahat kaynaklı kirliliği azaltmak için telekonsültasyon uygulamak Elektronik tıbbi kayıt sistemine geçmek
Araştırma ve eğitim (<i>Research and education</i>)	Kanıtla dayalı ecocerrahi stratejiler ve uygulamaları araştırmak Düzenli denetimler için disiplinler arası grup oluşturmak Eğitim ve farkındalık programları yapmak

Ameliyat gereksiniminin azaltılması

Cerrahinin karbon ayak izini azaltmada en büyük rol ameliyata olan gereksinimin önlenmesindedir.^[24] Ortopedik cerrahi operasyonlarının sayısının hızla yaşanan bir nüfus içinde artacağı ve gerçekleştirilen toplam yıllık işlem sayısı açısından diğer uzmanlık alanlarını yakında geçebileceği öngörülmektedir.^[14,15] Bu nedenle sürdürülebilir cerrahinin ilk ilkesi yaşam tarzı değişiklikleri, diyet tavsiyeleri, hasta eğitimi ve hasta güçlendirme yoluyla sağlığı teşvik etmek, hastalığı önlemek ya da en iyi duruma getirmektir.^[24] Sağlıklı davranış yoluyla hastalık yükünü azaltmak, hastalıkla ilgili sağlık hizmeti gereksinimlerini ve cerrahi talebini azaltabilir.^[8] Cerrahi müdahalelere her zaman ihtiyaç duyulacak olsa da önleyici tıp kullanılarak bu yük azaltılabilir. Örneğin, obezite alt ekstremitte osteoartrit için en büyük değiştirilebilir risk faktörü olduğundan, halkı egzersiz ve sağlıklı beslenme konusunda eğitmek ve obez olan insan sayısını azaltmak, osteoartrit önleyerek karbon yoğun operasyonlara olan talebi azaltacaktır.^[25]

Ortopedik cerrahi gereksinimini azaltmak için hastaların aktif ulaşımı, yani araçta seyahat etmek yerine yürüyüş, koşu veya bisiklete binme aktiviteleri artırılmalıdır. Bu aktiviteler, artan yaşlı nüfusta yaşa bağlı görülen ve ameliyata yol açabilecek düşme ve kırık riskini artıran kemik kütlesi kaybını ve sarkopeniyi hafifletmede önemli rol oynar.^[23] Ayrıca, hastaların üçte biri kalça veya diz artroplastisinden önce anemiktir. Ameliyat öncesi anemi, mortalite dâhil olmak üzere olumsuz sonuç riskinde artışla ilişkilendirilmiştir. Ameliyat öncesi anemiyi iyileştirmek, transfüzyon oranlarını ve hastanede kalış süresini azaltır. Şu anda önerilen en iyi uygulama,

anemisi olan hastalarda cerrahiye, optimize edilene kadar ertelemektir.^[26]

Tıbbi atıkları azaltmak

Atık yönetimi hastanelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir ve atık azaltma stratejileri, hastaların sağlığını tehlikeye atmadan hastanelerin çevresel etkisini azaltma potansiyeline sahiptir.^[17] Sağlık atıkları ayrı bertaraf ve işleme olanak sağlamak için beş kategoriye ayrılır; bulaşıcı (kan, kusmuk, vücut sıvıları vb.), kesici (enjeksiyonlar, iğneler vb.), radyoaktif, farmasötik ve genel tehlikesiz atık (kağıt, önlük vb.).^[21] Bu atıkların ana bileşenleri plastik (%39-%50), tekstil (%14-%31), kağıt (%11-%25), cam (%0,3-%23), ahşap eşya (%3-%20), kauçuk (%3-%7), metal (%0,3-%5) ve diğer atıklardır (%2-%19).^[27] Sağlık hizmetlerinden kaynaklanan toplam atık miktarının yaklaşık %85'ini genel, tehlikesiz atıklar oluşturur.^[3,23] Ameliyathanede ortopedik müdahalelerden kaynaklanan atıkların %90'a kadarı uygunsuz bir şekilde ayrıştırılır.^[20,27] Bu tehlikesiz atıkların gereksiz yere kirlenmesine neden olur ve genellikle yakmayı içeren işlenmesi, diğer atıklara göre birkaç kat daha fazla enerji gerektirir, çevreye kanserojenler ve sera gazları salar.^[4,7,23] Tıbbi atıkların bertarafı ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, %60'ı yakılarak, %37'si buharla sterilize edilerek ve %5'i de diğer yöntemlerle bertaraf edilmektedir. Yakma süreci insan sağlığına ve çevreye zararlı toksik kirlenmeleri ve ağır metallerin açığa çıkmasına neden olur.^[18,28] Ayrıca, yakma işlemi tehlikeli atıklar için tehlikesiz atıklardan 10 ile 20 kat daha fazla maliyetlidir.^[4]

Ameliyathane atıklarına katkıda bulunanlardan biri, yaşanan nüfusla birlikte yüksek talep görmesi beklenen

bir prosedür olan eklem artroplastisidir.^[28] Phoon ve ark., tarafından yapılan sistematik derlemede cerrahi başına 0,2-15,1 kg atık üretildiği, total kalça artroplastisinin vaka başına 12,6 kg (12,1-13,6) ve total diz artroplastisinin vaka başına 13,1 kg (11,6-15,1) atık ürettiği ve bunun %33,5'inin potansiyel olarak geri dönüştürülebilir olduğu belirlenmiştir.^[4] Farklı cerrahiler için ölçülen plastik atıkta geniş bir aralık olduğu belirtilmektedir. Tekrar kullanılabilir veya tek kullanımlık örtü ve önlüklerin kullanımı, hastaneler arasındaki atıklardaki farklılıklarda önemli bir faktör olarak görünmektedir.^[27] Atık, mevcut ekipmanın dikkatli kullanımıyla en aza indirilebilir. Karbon emisyonları, ameliyat sırasında kullanılan malzemelerin dikkatli seçilmesiyle de azaltılabilir.^[7]

Tek kullanımlık malzemelere ve sarf malzemelere olan talebin azaltılması

Bir hastanede atık yönetimi incelendiğinde, atıkların %20-70'inin ameliyathanede olduğu ve rutin bir ameliyatta dört kişilik bir ailenin bir hafta boyunca ürettiğinden daha fazla atık üretildiği belirtilmektedir.^[4,5] Ameliyathaneler birçok cerrahi uzmanlık alanında olduğu gibi ortopedik cerrahide de önde gelen atık üreticilerinden biridir.^[19] Bunun başlıca nedeni, enfeksiyon korkusuyla kullanılan tek kullanımlık malzemelerdir. Bir diğer önemli atık kaynağı ise cerrahin tercihlerinden (kullanılan eldiven sayısı, değiştirme sıklığı, örtme prosedürü vb.) kaynaklanır.^[5] Tüketilen miktarın azaltılması, ürünün set için açılması gerekip gerekmediğini belirleyerek sağlanabilir.^[27] Her cerrahi işlem, önemli miktarda atık üretir ve akıllıca kullanım atığı önemli ölçüde azaltır.^[21] Her cerrahi girişim, %20 yüksek kaliteli polipropilen içeren 3,5-8,4 kg plastik atık üretir.^[9] Kullanılan plastik miktarının azaltılması kritik öneme sahiptir çünkü temiz plastik atıkların geri dönüştürülmesi ve işlenmesi, temiz kağıt atıklarının işlenmesinden daha büyük bir karbon ayak izi oluşturur.^[27] İngiltere'deki bir hastane, sadece plastik eldiven tüketimini azaltarak inanılmaz bir şekilde plastik tasarrufu sağlamıştır.^[21] Ayrıca, steril olmayan eldivenlerin de çoğu zaman gerekli olmadıkları durumlarda kullanıldığı belirtilmektedir.^[24] Eldivenler; vücut sıvısı, sağlam olmayan deri veya mukoza zarlarıyla temas beklendiğinde gereklidir, ancak bazı ortamlarda neredeyse tüm hasta etkileşimlerinde eldiven giymek alışkanlık hâline gelmiştir. Bu da çevreye zarar vermektedir.^[24] Kişisel koruyucu ekipman (KKE) kullanımıyla ilgili olarak, her prosedüre özgü uluslararası yönergeler izlenmelidir.^[21]

Son zamanlarda, birçok şirket vida ve implantların tek parçalı ambalajına geçmiş ve bu da ambalajla ilgili atıkları arttırmıştır. Şirketleri çift plastik ambalajı azaltmaya ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımını teşvik etmeye yönelik düzenlemelerin yapılması önerilmektedir.

dir.^[1] Ayrıca, paketleme, seyahat masrafları ve nakliyeden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmak için malzeme talepleri ihtiyaç duyulduğunda toplu olarak verilmelidir.^[21] Tek kullanımlık cihaz ve ürünlerden kaynaklanan atıkları azaltmak amacıyla; uygun durumlarda yeniden kullanılabilir cihazların kullanımının göz önünde bulundurulması, temel cerrahi kaynakların yeniden kullanılabilir sürümlerinin kullanılması, tek kullanımlık cihazların yeniden işlenmesinin araştırılması, fazlalığı azaltmak için tam zamanında yaklaşımının benimsenmesi, yalın cerrahi paketleri kullanmak için üreticilerle iş birliği yapılması önerilmektedir.^[29]

Su tüketiminin azaltılması

Dünyanın birçok bölgesini etkileyen iklim değişikliği etkilerinden biri de kuraklıktır. Hastane ortamında çamaşır yıkama, alet temizliği, oda temizliği ve el yıkama için su kullanılır. Ortopedik cerrahide su tüketimini azaltma stratejileri arasında bireylerin en acil ve doğrudan etki gösterebileceği alan cerrahi el fırçalamadır.^[19] Fırçalama seansları üzerine yapılan bir çalışmada, seans başına >20 L su kullanıldığı gözlenmiştir.^[19] Mevcut uluslararası yönergeler göre, su tüketimi ve bunun doğrudan çevresel etkisi kolayca azaltılabilir.^[8]

Dünya Sağlık Örgütü ve *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) kılavuzları, günün ilk su bazlı el yıkamasından sonra, cerrahi vakalar arasındaki sonraki antisepsi için temiz ellere alkol bazlı el antiseptiği kullanılmasını önermektedir.^[4,21,24,30] Suyu yeterli bir ilk el yıkamadan sonra, ikinci el yıkama için alkol bazlı jel kullanımı, su tüketimini azaltır ve maliyetleri %67 oranında düşürebilir.^[8] Kullanılmadığında su musluklarını kapatmak veya daha az su tüketen alternatif el antisepsisi yöntemlerini kullanmak gibi bilinçli eylemler su israfını önemli ölçüde azaltabilir.^[19,31] Yerel olarak, hemşireler kurumlarında düşük akışlı su musluklarının kullanımını teşvik edebilirler.^[10]

Yapılan çalışmalar, alkol bazlı el antiseptiği kullanıldığında litrelerce su tasarrufu sağlandığını göstermiştir.^[24,31] Cerrahi el yıkamada, bireysel alışkanlıklar ve suyun akış hızı değişkenlik göstermekte, bu da farklı seviyelerde su israfına neden olmaktadır. Bireysel farklılıklara göre cerrahi el yıkama süresinin %17-100'üne kadar suyun açık bırakıldığı, hatta fırçalama bittikten sonra bile suyun açık bırakıldığı gözlenmiştir.^[19] Elleri ovma sırasında kullanılmadığında muslukların kapatılması su kullanımını önemli ölçüde (%59,5-65,8) azaltır ve tüm ortopedi ameliyathanelerinde kolayca uygulanabilir.^[31] Başka bir seçenek de yalnızca eller altındayken su akışını sağlayan kızılötesi sensörle tasarlanmış lavabolara geçiş yapmaktır. Geleneksel bir lavabo ile karşılaştırıldığında kızılötesi bir lavabo

kullanıldığında su kullanımında sekiz kat azalma bulunmuştur.^[19] Susuz cerrahi el antiseptikleri kullanmak veya ölçülü yıkama lavaboları kurmak cerrahi ortamda su kullanımını azaltmaya yardımcı olabilir.^[16]

Sterilizasyonun karbon ayak izini belirlemek zordur, fakat sterilizasyon yoğun su ve elektrik kullanımı içeren bir işlemdir. Manuel yıkama, makinede yıkama ve otoklavlama dâhil olmak üzere sürecin her adımında su kullanılır. Bu nedenle mümkün olduğunca ameliyathanede alet kullanımı en aza indirilmelidir, çünkü alet işleme su yoğun bir işlemdir.^[19]

Enerji tüketiminin azaltılması

Cerrahi, en fazla enerji tüketen sektördür ve cerrahide sürdürülebilirliği sağlamak, sağlık bakım sisteminin karbon ayak izini azaltmak için ortaya çıkan bir stratejidir.^[16,21,23] Enerji tasarrufuna yönelik birçok strateji, disiplinler arası yaklaşım gerektirir ve uzun vadeli karar alma, satın alma ve altyapı planlamasını içerir.^[16] Enerji tasarrufuna ve verimliliği arttırmaya yönelik öneriler Tablo 2’de özetlenmiştir.^[2,16,18,29]

Ameliyathaneler kaynak yoğundur ve hastanenin diğer alanlarına göre yaklaşık üç ile altı kat daha fazla enerji kullandıkları düşünülmektedir.^[32] Çoğu ameliyathane haftada yedi gün, günde 24 saat hizmet vermeye hazırdır. Fakat ameliyathaneler 24 saatlik bir süre içinde %40’a kadar boş kalır. Boş kaldığı süreçte yapılacak düzenlemeler karbon emisyonunu azaltır.^[8] Ameliyathane enerjisinin %90’ından fazlası ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinin bakımı ve elektrikli ekipmanların çalıştırılması için kullanılmaktadır.^[4] Yaygın inancın aksine, ameliyathane ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinin hava sterilitesini sağlamak için her zaman (boş ameliyathanelerde gece boyunca gibi) açık olması gerekmez.^[29] Kullanılmayan ameliyathaneler, özellikle laminar hava akış ünitelerine sahip olanlar kapatılmalıdır. Kullanılan ameliyathaneler ise boş oldukları zamanlarda çalışma ışıklarının ve laminar hava akışının açılıp kapatılması için çaba gösterilmelidir.^[1,33] Kullanılmadığında ameliyathane alanlarının kapatılması,

ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri enerji tüketimini %50’ye kadar azaltabilir.^[8,23] Ameliyathane havalandırma sistemi 10 saat boyunca kapatıldığında, sistem yeniden başlatıldıktan sonraki 30 dakika içinde havadaki partikül ve bakterilerin kabul edilebilir düzeye ulaştığı ve %70’e kadar enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmektedir.^[33]

Ameliyathanelerde, kullanılmayan odalardaki sıcaklığı kademeli olarak ayarlamak için akıllı ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanılması önerilir. Bu şekilde toplam enerji tüketiminde %25’e kadar tasarruf sağlanabilir.^[17] Ameliyathanelerde kullanılan laminar hava akımı, diğer tüm havalandırma biçimlerinden daha fazla enerji gerektirir ve bu nedenle çevre üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Bu, enfeksiyon oranlarını azalttığı yönündeki yaygın kabul gören düşünce nedeniyle, modern ameliyathanelerde bir süredir ön koşul olmuştur. Ancak, birçok çalışma plenum gibi daha az enerji gerektiren akış türlerinin enfeksiyon oranlarını laminar akış kadar azaltmada iyi olduğunu bulmuştur.^[25] Hastaneler mevcut ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerini daha yeni ve daha verimli modellere yükseltmeye yatırım yapabilir.^[34] Kurumlarda, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına kademeli bir geçiş, gelecekte çevre dostu cerrahi uygulamalarına ulaşmada etkili olacaktır.^[21]

Enerji tasarruflu ısıtma, aydınlatma, klima, sterilizasyon, atık bertarafı ve altyapı tasarımının uygulanması enerji maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilir.^[21] Elektrik kullanımını azaltmaya yönelik diğer stratejiler arasında halojen ışıklar yerine ışık yayan diyot (LED) kullanılması ve doluluk sensörlerinin benimsenmesi yer alır.^[24] Renk oluşturan diyot ampuller, ameliyathane aydınlatmaları için yeni bir alternatiftir ve enerji kullanımını %49 oranında azaltır. Bu ampuller çevreyi ısıtmaz ve dolayısıyla soğutma için gereken enerji miktarını azaltır.^[17,18] Doluluk sensörleri, boş ameliyathanelerin güç tüketimini azaltmak için sıklıkla önerilen bir yöntemdir.^[29] Ülkemizde yapılan bir çalışmada, ameliyathanelerin %83,3’ünde ışıkların sensörlü olmadığı ve %66,7’sinde LED ışık kullanmadığı saptanmıştır.^[17]

Tablo 2. Enerji tasarrufuna yönelik öneriler

- Yoğun olmayan zamanlarda aktif ameliyathane salonu azaltılmalı, boş ameliyathane salonlarının gücü kesilmelidir.
- Kullanılmadığı zamanlarda ekipmanlar (örneğin bilgisayarlar, anestezi makineleri, perfüzyon pompaları, elektrocerrahi jeneratörleri, pnömomatik turnikeler) kapatılmalıdır.
- Halojen aydınlatma LED/diyot aydınlatma ile değiştirilmeli, sensörlü olanlar kullanılmalıdır.
- Kullanılmadığında odaların ışıkları kapatılmalıdır.
- Daha verimli ısıtma, havalandırma, klima sistemlerine geçilmeli, kullanılmadığında ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri kapatılmalıdır.
- Termostatlar ayarlanmalı, çift camlı pencere kullanılmalı, yüksek kaliteli yalıtım olmalıdır.
- Enerji tasarruflu ekipman kullanılmalıdır.
- Güneş panelleri ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır.
- Karbon emisyonu yüksek ürünlerden kaçınılmalıdır.
- Akıllı hastane altyapısı ve ameliyathane tasarımıdır.

İlaç atıklarının azaltılması

İlaç atığı en aza indirilmeli ve ihtiyaç olmadıkça açılmamalıdır.^[24] İlaçlar acil durumlar yerine tam zamanında stratejisi kullanılarak hazırlanabilir.^[35] En yaygın total intravenöz anestezi (TIVA) maddesi olan propofol, hastanede en fazla israf edilen ilaçtır ve tüm anestezi ilaç atıklarının %50'sini oluşturmaktadır. Propofol flakonlarının boyutunu 100 ml veya 50 ml'lik flakondan küçültmek ve bunun yerine bir prosedür için birden fazla 20 ml'lik flakon kullanarak, propofol israfı %90'a kadar azaltılmıştır.^[29] Daha büyük propofol flakonlarının kaldırılması, gereken propofol dozlarının doğru tahmin edilmesi ve önceden doldurulmuş ilaç enjektörlerinin piyasaya sürülmesi, maliyet tasarrufu sağlayan ve çevre açısından daha sürdürülebilir seçenekler olarak önerilir.

Yeniden Kullanmak

Ortopedik cerrahinin çevresel etkisini azaltmaya yönelik önemli yaklaşımlardan biri, mümkün olduğunca malzemelerin yeniden kullanılmasını teşvik etmektir.^[1,3] Tek kullanımlık olarak etiketlenen cihazlar genellikle tamir edilebilir ve sterilize edilebilir, bu da yeniden kullanımlarını güvenli hâle getirir.^[8] Bu konu, yüksek hacimli implant ve tek kullanımlık malzemelerin kullanıldığı ortopedik cerrahi için özellikle önemlidir. Harici fiksatorlerin yeniden işlenmesiyle komplikasyon oranlarında artış olmadan maliyette %25 azalma görülmüştür.^[1] Birçok ekipman türü tek kullanımlık veya yeniden kullanılabilir formda satın alınabilir. Seçim kriteri olarak maliyete, hasta güvenliğine, etkinlik ve kullanım kolaylığına odaklanılmış, ancak çevresel hususlar göz ardı edilmiştir.^[9,19] Ameliyathanede kullanılan ekipmanların çoğu tek kullanımlıktır ve ne kadar çok tek kullanımlık ürün kullanırsa karbon ayak izi de o kadar büyük olur.^[25]

Yeniden kullanım, tek kullanımlık malzemelerin yeniden kullanılabilir olanlarla değiştirilmesiyle ilgilidir.^[6] Ekipmanların yeniden kullanılabilir versiyonları, karbon ayak izini, plastik tüketimini ve maliyeti azaltır.^[7,24] Yeniden kullanılabilir önlüklerin tek kullanımlık önlüklere kıyasla %28 daha az enerji, %41 daha az su tükettiği, %30 daha az sera gazı emisyonu ve %93 daha az katı atık ürettiği gösterilmiştir.^[32] Tek kullanımlık atılabilir cihazlardan uzaklaşılmalı ve kirliliği en aza indirmek için yeniden kullanılabilir envanterler genişletilmelidir.^[2]

Yeniden kullanılabilir ürünleri tercih etmek, üretimden sterilizasyona kadar tüm süreçlerde daha az atık oluşumuna yol açar, depolama ve yakma maliyetlerini azalttığından çevre dostu olarak kabul edilir.^[24,35] Cerrahi önlükler, örtüler veya pnömatik turnikeler gibi yeniden kullanılabilir ürünlere geçiş yapmak veya artroskopik tıraş makineleri, harici fiksatorler, trokarlar,

testere bıçakları ve frezeler gibi tek kullanımlık ortopedik cihazların başarılı bir şekilde yeniden işlenmesi ve yeniden kullanılması ekolojik ve ekonomik açıdan faydalıdır.^[4,20,27,29,36] Biyopsi forsepsi, karpal tünel bıçakları, çapaklar (*burrs*), trokarlar ve pnömatik turnikeler gibi plastik cihazlar güvenli bir şekilde yeniden kullanılabilir.^[7]

Hem finansal hem de çevresel tasarruf sağlamanın bir başka yolu da doğru önlüğü kullanmaktır. Yeniden kullanılabilir önlükler genellikle su direnci ve dayanıklılığı nedeniyle daha iyi koruma sağlar. Güçlendirilmiş önlükler, daha fazla malzeme gerektirir, daha fazla atığa yol açar ve yalnızca çok yüksek miktarda sıvıya maruz kalmanın beklendiği durumlarda gereklidir.^[24] Tek kullanımlık önlüklerin yeniden kullanılabilir önlüklerle değiştirilmesiyle önlük başına yaklaşık 1,1 kg CO₂e tasarruf sağlanacağı tahmin edilmektedir.^[24,33,37] Amerika Birleşik Devletleri'ndeki iki hastane, yıkanabilir ve yeniden kullanılabilir cerrahi önlüklere geçerek atığı yılda 23.000 kg azaltmıştır.^[21] Tek kullanımlık bonelerin, yeniden kullanılabilir bez bonelere kıyasla cerrahi alan enfeksiyonları açısından hiçbir fark yaratmadığı, uzun vadede yeniden kullanılabilir bonelerin maliyetinin daha düşük olduğu ve ekip iletişimini iyileştirmek için bonelerin üzerine isim ve rollere ilişkin bilgilere yer verilerek kişiselleştirilebilecekleri belirtilmektedir.^[24] Ulusal politika, yeniden kullanılabilir cerrahi ekipman, implant, örtü ve koltuk değneklerine izin vermelidir. Hastalar için yüksek kaliteli ve sosyal açıdan sorumlu bakımı korurken ortopedik hizmetlerin sürdürülebilirliğini iyileştiren ulusal politikaların geliştirilmesi önerilir.^[1]

Geri dönüştürmek

Hemşireler, sağlık hizmetleri sunumunun çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli bir role sahiptir. Bu rollerden biri, atıkların kaynağında doğru şekilde ayrıştırılmasını ve geri dönüştürülebilir malzemelerin üretim sürecine geri döndürülmesini sağlamaktır.^[38] Sağlık kuruluşlarında kullanılan intravenöz torbalar, mavi sargı bezi (*blue wrap*), tıbbi paketleme/ambalaj malzemeleri, oksijen maskesi, cam flakonlar gibi çeşitli tıbbi malzemeler geri dönüştürülebilirlerdir.^[38] Sarf malzemelerin ve ekipmanların sterilliliğini korumak için kullanılan ambalaj malzemesi, geri dönüştürülebilir atığın büyük bir bölümünü oluşturur. Geri dönüşümün önündeki engellerden biri, bulaşıcı atıkları temiz atıktan ayırmadaki başarısızlıktır.^[9] Genel tehlikesiz atıklar çoğunlukla farkındalık eksikliğinden dolayı biyolojik tehlikeli atık torbasına atılır ve yanlış tahsis edilen bu atıklar bertaraf maliyetlerini 20 kat arttırır ve geri dönüşümün azalmasına yol açar.^[21,29] Yanlış atık ayrımı, ortopedik cerrahide karbon emisyonlarına katkıda bulunan önemli bir faktördür.

Cerrahi süreçte oluşan atığın yaklaşık %80'inin ameliyat öncesi dönemde üretildiği, %90'ının yanlış tahsis edildiği ve %40'ünün potansiyel olarak geri dönüştürülebilir olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, geri dönüşüm sürecini uygulamak ve yaymak önemlidir.^[3,4,8,29]

Total kalça artroplastisi ve total diz artroplastisi, ortopedik prosedürler arasında en fazla atık üretenlerdir (sırasıyla 12,6 kg ve 13,1 kg) ve bu atıkların yaklaşık üçte biri temiz olup büyük çoğunluğu potansiyel olarak geri dönüştürülebilir atıklardır.^[20,28] Ortopedi hastaları için geçici bir süre kullanılan destekler ve koltuk değnekleri tek bir hasta kullanımından sonra atılmakta ve israf edilmektedir. Bu yardımcı cihazlar alüminyum ve plastikler de dâhil olmak üzere bir dizi geri dönüştürülebilir malzeme içerir. Bu malzemeler için ortopedi kliniklerinde özel bir atık alanı oluşturulması kolayca uygulanabilecek iklim dostu bir eylemdir.^[1]

Sağlık kuruluşlarında geri dönüşümün önündeki en yaygın engeller arasında; enfeksiyon riskine ilişkin endişeler, atık toplama ve ayrıştırma için alan eksikliği, atık yönetim sisteminin olmaması, insan kaynağı eksikliği, konuya gereken önemin verilmemesi, motivasyon eksikliği, değişime direnç ve atık yönetimi konusunda bilgi eksikliği yer alır.^[38] Geri dönüşüm kutularının tanıtılması ve personel eğitimi yanlış atık bertarafını azaltır, atık kategorizasyonunu ve geri dönüşümü iyileştirebilir.^[7] Atıkların doğru şekilde ayrılması ve geri dönüşüm kutularının sayısının artırılması gibi basit önlemler atık geri dönüşümünü önemli ölçüde artırır.^[1,27,29,33]

Yeniden Düşünmek

Sürdürülebilirlik, sağlık çalışanlarının uygulamalarının bir parçası olmalı, iklim değişikliğinin mevcut ve gelecek nesiller üzerindeki sonuçları göz ardı edilmemelidir. Bu sorunu ele almak için stratejiler geciktirilmemelidir. Yeniden düşünmek, hastaları herhangi bir zarar vermeden tedavi etmek için en sürdürülebilir seçeneği seçmeyi gerektirir.^[8]

Cerrahi setlerden kullanılmayan gereksiz malzeme çıkarmak

Ortopedik cerrahide fazlalık olarak bilinen (açılmış bir alet tepsisindeki kullanılmayan) ürünleri en aza indirmek atık miktarını azaltmak için önemli bir husustur. Bu amaçla en basit çözüm, yalın optimizasyon kullanarak cerrahi tepsi ve paket içeriklerini yeniden tasarlamaktır.^[29,39,40] Ameliyatlarda genellikle hazırlanan ancak aktif olarak kullanılmayan çok sayıda fazla ürün bulunur. Bu sadece finansal maliyetleri arttırmakla kalmaz, aynı zamanda prosedürlerin emisyonlarını da artırır.^[29,41] Önceden paketlenmiş cerrahi kitlerin içerikle-

rinin düzenlenmesi (gerekli olmayan öğeleri kaldırmak) bu amaca hizmet eder. Cerrahi ekip üyeleri, tepsileri, özel cerrahi paketleri değerlendirip düzene koyduklarında fazlalık önemli ölçüde azaltılabilir.^[2,8] Bu amaçla hangi bileşenlerin nadiren kullanıldığının farkında olunarak üretici/tedarikçi firma, cerrahi ekip ve yöneticiler birlikte çalışarak ameliyat kitlerini kişiselleştirerek ve gereksiz cihazları ve plastikleri kaldırarak maliyet, karbon ve atık miktarı azaltılabilir.^[11,16,24,29,36] Total kalça artroplastisinde yapılan bir çalışmada yedekliliği önemli ölçüde azaltan "SLIM" seti tasarlanmış, SLIM setleriyle maliyet, enerji, atık ve tepside azalma olduğu saptanmıştır. Kurulum süresinin SLIM ile önemli ölçüde daha kısa (neredeyse %50'lik bir azalma) olduğu ve vakaların <%5'inde ekstra paket açıldığı saptanmıştır. Total kalça artroplastisinde daha minimalist bir yaklaşımın güvenli bir şekilde uygulanabileceği belirtilmiştir.^[42] Bu durum, omurga, total kalça ve total diz artroplastisi cerrahisi ortamında önceki literatürde de gösterilmiş olup yalın prensipler uygulandıktan sonra kurulum süresinde %31-37 azalma olduğu bildirilmiştir.^[43]

El cerrahisinde, sedasyon ve standart cerrahi paketler yerine tamamen uyanık lokal anestezi altında gerçekleştirilen ve minimal özel cerrahi paket kullanarak yapılan ameliyatta (WALANT), atıkta %13'lük bir azalma ve cerrahi maliyette %55'lik bir tasarruf sağlanmıştır.^[41] Gereksiz yere malzeme açmanın en yaygın nedeni, cerrahların ihtiyaçlarının öngörülmesidir. Ekipmanı "her ihtimale karşı" açmak yerine, "tam zamanında" açılması önerilmektedir.^[24]

Daha az ekipman kullanımı, tepsilerdeki alet sayısını ve bunların hazırlanma maliyetini yarı yarıya azaltmakla kalmayıp aynı zamanda ameliyathanelerin devir sürelerini de neredeyse bir saat düşürmüştür.^[21] Ayrıca, minimalist setlerin kullanımı alet hacmini azalttığı ve daha iyi organizasyonla işleri kolaylaştırdığı için vaka sırasında kişilerin kendilerini daha az kaygılı hissetmelerine neden olarak, performansı iyileştireceği ve hata olasılığını azaltacağı bildirilmiştir. Benzer şekilde, minimalist set kullanımıyla vaka başına kaldırılan ağırlık yükü de azalacağı için ameliyathane hemşirelerinde daha yaygın görülen iş kaynaklı üst ekstremitte yaralanma oranı azaltılabilecek, böylece yaralanmaya bağlı kayıp iş günü ve işçi tazminat taleplerinde azalma yoluyla önemli tasarruflara da yol açabilecektir.^[42] Belirli prosedürler için tasarlanmış malzemeler, vaka için hazırlığı kolaylaştırırken, verimliliği en üst düzeye çıkaracak ve sterilizasyon gereken ekipman miktarını azaltacak, sterilizasyon sırasında daha az enerji ve su tüketimi sağlayacaktır.^[11,21] Bu çabalar, daha az cerrahi malzeme kullanarak çevresel etkiyi azaltabilir ve böylece bu malzemelerin üretimi ve bertarafı için gereken enerjiden kaynaklanan karbon emisyonlarını

azaltılabilir.^[11] Standart paketlerden çıkarılan kullanılan aletlerin yeniden kullanım için gelişmekte olan ülkelerdeki hastanelere bağışlanabileceği belirtilmektedir.^[7]

Çevre dostu cerrahi uygulamaları tercih etmek

Cerrahinin çevresel etkileri, ameliyat öncesi, sırası ve sonrasında değerlendirilebilir. Ameliyat öncesi bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) ve endoskopi gibi tanı çalışmaları karbon ayak izinde önemli bir etkiyi oluşturur. Örneğin, bir hastanın BT'ye ihtiyacı varsa, çevresel ayak izi hasta başına 10,2-15,8 kg CO₂e olacaktır. Buna karşılık, MR için karbon ayak izi hasta başına 22,4 kg CO₂e'dir. Endoskopiler de atık üretimi nedeniyle önemli çevresel etkilere sahip prosedürlerdir ve yatak başına günde yaklaşık 3,09 kg atık oluşturur, bu da 3 kg CO₂e'ye eş değerdir.^[8] Ameliyat sırasında dikkate alınması gereken birden fazla faktör vardır; cerrahi el yıkama kaynaklı su israfı, anestezi gazları, ameliyathanede enerji ve sıcaklık ayarlaması, tek kullanımlık cerrahi örtüler ve cihazlar. Ayrıca, farklı cerrahi yaklaşımların farklı karbon ayak izleri oluşmaktadır.^[8]

Cerrahinin çevresel etkisini azaltmak için gereksiz müdahaleleri tamamen en aza indirmek de hayati önem taşır.^[29] Çevresel olarak sürdürülebilir cerrahi uygulamalar arasında; endike ise robotik cerrahi yerine laparoskopinin tercih edilmesi, ekipman kullanımının en aza indirilmesi, anestezi ve daha az kaynak gerektiren tekniklerin kullanılması ve ameliyat sonrası drenajların en aza indirilmesi yer alır.^[29] Minimal invaziv cerrahi, açık cerrahiye göre daha düşük CO₂ emisyonu gösterdiği için mümkün olan her alanda tercih edilen yaklaşım olması önerilmektedir. Ancak, büyük ilerlemeler kaydeden yapay zeka tabanlı robotik cerrahi daha fazla atık üretimine sahiptir. Sürekli gelişen cerrahi alanın ışığında, daha yeni cerrahi tekniklerin, ekipmanların ve prosedürlerin çevresel faydalarının yeterli önceliklendirilmesine ihtiyaç duyulur.^[21,29] Son 20 yılda minimal invaziv cerrahinin tanıtılması hastalara yadsınmaz faydalar sağlamıştır. Ancak, bu tip ameliyatlar daha fazla tek kullanımlık alet içerir, daha ekonomik bir seçim olarak görülmesine rağmen tüm gizli maliyetler genellikle (örneğin, bertaraf, ihtiyaç duyulmayan bir cihaz açıldığında kaynak kaybı, yüksek hacimli bir envanter tutma) atlanır.^[8] Cerrahinin çevresel etkisini değerlendirirken, cerrahi yeniliklerin klinik ve maliyet avantajlarına ek olarak ekolojik avantajlar sağlanması önemlidir. *Soft coag*, ameliyat dönemi kanamayı kontrol etmek için kullanılan elektrocerrahi ünitesi modudur. *Soft coag*, "joule ısı" üreterek ve çıkış voltajını otomatik olarak düzenleyerek, doku karbonizasyonu üretmeden proteinleri denatüre eder. Bu, hemostaz sağlarken ameliyatta dikiş kullanımını önemli ölçüde azaltır, hem maliyetleri hem de atık üretimini

düşürür. *Soft coag*, intraoperatif kanamaların tedavisindeki etkinliği artırmanın yanı sıra, otoklavlanabilir ve yaklaşık 100 kez yeniden kullanılabilir ve bu da günlük operasyonlarda tek kullanımlık dikişlere kıyasla büyük bir ekolojik avantaj sağlar.^[21]

El yaralanmaları cerrahi müdahale gerektirir ve ana ameliyathaneye yerine küçük ameliyathanede ameliyat olabilecek hastaların dikkatli bir şekilde seçilmesi hastane atıklarını azaltır. Kırıklar, tendon yaralanmaları, karpal tünel sendromu dâhil olmak üzere el yaralanmalarının yönetiminde WALANT, güvenli bir şekilde kullanılır.^[7] Bu, cerrahin lokal anestezi uyguladığı ayakta tedavisi ortamında el cerrahisi yapılmasını içerir. Karbon emisyonları ayrıca küçük alan sterilitesi kavramıyla da azaltılabilir.^[15] Kullanım kolaylığı, bazı ameliyatların küçük bir ameliyathanede gerçekleştirilmesini sağlayarak, büyük bir ameliyathanede oluşacak tesis ve malzeme israfı azalır.^[7] El ameliyatı sonrası, basit pansumanların kullanımı ekipman israfını en aza indirerek karbon emisyonlarını azaltılabilir. Ayrıca, basit pansumanlar hasta tarafından evde değiştirilebilir, böylece hastanın hastaneye gidip gelmesinden kaynaklanan emisyonlar azaltılır. Ameliyat sonrası dönemde, karbon emisyonlarını azaltmak için diğer önlemler arasında sabit ateller veya alçılar yerine termal ateller kullanımı yer alabilir. Termal atellerin avantajları arasında daha hafif, dayanıklı olmaları, şekillendirilebilmeleri ve yeniden kullanılabilir olmaları yer alır.^[7]

Geniş spektrumlu profilaktik antibiyotik kullanımı yeniden düşünülmelidir. Antibiyotikler, sağlık sisteminin tedarik kaynaklı emisyonlarının beşte birine katkıda bulunur. Bakteriyel antibiyotik direncinin dünya çapında her yıl 1,27 milyon ölüme yol açtığı tahmin edilmektedir. Aynı zamanda uygunsuz bertaraf yöntemleri toprak mikroorganizmaları ve su yaşamı için önemli ekolojik riskler oluşturur.^[24] *National Institute for Health and Care Excellence* kılavuzuna göre antibiyotikler yalnızca cerrahi implant varlığında veya ameliyat kirli bir alanda yapıldığında kullanılmalıdır.^[30] Geniş spektrumlu profilaktik antibiyotiklerin kullanımı, antimikrobiyal direnci artırma açısından çevreye verdikleri zararlarla karşılaştırıldığında klinik faydalarının tartışılmasıyla yeniden düşünülmelidir.^[21] Tek aşamalı cerrahi prosedürler tercih edilmelidir. Geleceğin cerrahları, geçmişte iki aşamada gerçekleştirilen bu prosedürleri seçmeleri için eğitilmeli ve teşvik edilmelidir. Bu, daha kısa hastanede kalış süresi, azaltılmış harcamalar, daha az ameliyat süresi, azaltılmış ilaç kullanımı ve daha az KKE kullanımı sağladığı için daha çevre dostudur.^[21]

Tek kullanımlık kateterlerin büyük bir çevresel etkisi olduğundan hastalarda kateterizasyondan kaçınılmalıdır. İlk etapta kateterin gerekli olup olmadığının dikkate alınması önemlidir. Kısa süreli işlemlerde hastalardan

anesteziden hemen önce mesanelerini boşaltmaları istenebilir. Tek kullanımlık kateterler satın alınırken, polivinil klorür (PVC) ve poliüretan (TPU) gibi malzemelere kıyasla daha çevre dostu bir profile sahip lateks veya daha yeni poliolefin bazlı elastomer kateterlere öncelik verilerek, bunların bileşimine de dikkat edilmelidir.^[24] Oksijen tedavisi alan hastalarda uygun satürasyon seviyelerini hedeflemek için O₂ akış hızlarını titre etmek önemlidir. Aşırı O₂ hastalar için zararlıdır, ancak aynı zamanda 1 L tıbbi O₂'nin 0,7 kg CO₂'ye eş değer olmasıyla kendi karbon ayak izine de sahiptir. Yüksek akışlar kullanılırken, standart O₂ akış ölçerlerin maksimum akış hızı 15 L/dak gibi görünse de, valf tamamen açıldığında 75 L/dak'ya kadar iletebildiklerini, bunun da hastalara hiçbir faydası olmadan hastane oksijen depolarını israf ettiğini unutmamak önemlidir.^[24]

Çevre dostu malzemeler satın almak

Sağlıklı bir çevre için Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Amerikan Hastaneler Birliği tüm hastane departmanlarında yeşil satın almayı teşvik etmek için birlikte çalışmakta ve yeşil satın almayı "çevreye ve insan sağlığına daha az zarar verme hareketi" olarak tanımlamaktadır. Yeşil malzemelerin satın alınması uzun vadede maliyetleri azaltır, hastalar ve personel için daha sağlıklı bir hastane ortamı yaratır.^[18] Cerrahide çok yaygın kullanılan plastik mavi ambalaj ve strafor modern, çevre dostu malzemelerle değiştirilmelidir.^[1] Kesici-delici atık kutularındaki atıklar, yüksek sıcaklıkta yakma işlemine tabi tutulur ve bu işlem, en yüksek karbon yoğunluğuna sahip atık akışlarından biridir. Bu nedenle, yakma işleminin çevresel etkisini azaltmak için keskin atık kutularında yeniden kullanılabilir metal kaplar veya tek kullanımlık karton kutular gibi plastik içermeyen ya da yeniden kullanılabilir seçenekler tercih edilmelidir.^[24]

National Institute for Health and Care Excellence kılavuzu, yeniden kullanılabilir aletlerin kimyasal solüsyon içeren kaplarda dezenfekte edilmesinin daha az çevresel etkiye sahip olduğunu ileri sürmektedir. Uygun durumlarda dikiş kullanımı, zımbaların yanı sıra klips çıkarıcılara olan ihtiyacı da ortadan kaldırır. Emilebilir dikişler kullanmak başka bir randevuya gereksinimi önleyerek ulaşım emisyonlarından tasarruf sağlar.^[24] Benzer şekilde, atelleme ve pediyatrik hastalar için çıkarılabilir yumuşak alçılar da önceliklendirilmelidir.^[1]

Cerrahi ekip üyeleri kurşun, cıva, kadmiyum veya ağır metal toksik maddeleri içermeyen malzeme ve mobilyaları seçmeli ve kullanmalı ve EPA tarafından kalıcı, biyolojik birikimli ve toksik olarak tanımlanan ve insan kanserojeni olduğu bilinen veya şüphelenilen kimyasallardan kaçınılmalıdır.^[16,21] Özellikle PVC'nin yakılmasıyla açığa çıkan cıva, havaya, toprağa ve suya sızarak besin

ve su zincirine girer ve insan sağlığına zarar verir.^[18,21] Cıva aynı zamanda nörotoksiktir. Özellikle hamile kadınlar ve gelişim dönemindeki çocuklar için toksiktir. Hastanelerin tüm cıvalı ürünlerin kullanımdan kaldırması ve bunları kolayca geri dönüştürülebilir veya özel bertaraf gerektirmeyen ürünlerle değiştirmesi önerilmektedir.^[18] Ayrıca, hastaneler çevre dostu ürünler sağlayan ve çevre dostu işletmelerden malzeme satın almayı tercih etmelidir.^[21]

Ameliyathane temizlik personeli, temizlik süreci sırasında atığı en aza indirerek ve odaları etkili bir şekilde temizleyerek karbon ayak izini azaltabilir. Temizlik malzemelerinin de bir karbon ayak izi vardır ve bir miktar toksisiteye sahiptir, bu nedenle hangi malzemelerin kullanıldığına dikkat edilmelidir.^[11] Glutaraldehit yaygın dezenfektanlarda ve sterilizasyonda kullanılan sıvılarda bulunur. Solunum ve cilt tahriş edicidir. Bu nedenle glutaraldehit yerine orto-fitalaldehit tercih edilmelidir.^[18] Sert zeminlerin temizliğinde mikrofiber bezlerin kullanılması hasta ve çevre sağlığı açısından tavsiye edilmektedir. Mikrofiber bezlerin geleneksel bezlere kıyasla %60 zaman tasarrufu sağladığı, kimyasal kullanımını %95 oranında azalttığı, günde %20 işçilik tasarrufu sağladığı ve çapraz kontaminasyonu önlediği gösterilmiştir. Geleneksel paspasın ön temizliğe kıyasla bakterileri %30 oranında azalttığı, mikrofiber paspasın ise bakterileri %99 oranında azalttığı gösterilmiştir.^[18]

Hastane ve cerrahi ortamlarda etkili hasta bakımı sağlamak hedeflenirken, çevresel etkilere çok az dikkat edilir.^[6] Sağlık sistemleri tarafından kullanılan enerjinin yüzde 95'inden fazlası petrol, doğal gaz, kömür ve nükleer enerji gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarını içerir. Yenilenebilir enerjiler olarak güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve biyoenerji bulunur. Tüm dünyayı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalıştırma yeteneğiyle, birçok ülke yavaş yavaş daha yeşil olma yolunda geçiş yapmaktadır.^[6]

Anestezi gazları yerine alternatif teknikleri tercih etmek

Ortopedik prosedürler için anestezi uygulama önemli bir çevresel husustur. Desfluran ve nitroz oksit gibi halojenli anestezi gazlarının iklim değişikliğine önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir.^[15] Anestezi makineleri, bir solunum devresi aracılığıyla hastaya anestezi bir gazla (izofluran, sevofluran, desfluran) doyurulmuş taze gaz (oksijen, hava veya N₂O) verir. Verilen toplam anestezinin %5'inden azı hasta tarafından gerçekten metabolize edildiğinden, bu maddelerin büyük çoğunluğu hasta tarafından solunum devresine geri verilir ve sonunda mevcut olan ameliyathane temizleme sistemi aracılığıyla atmosfere salınır. Yaygın olarak kullanılan her anestezi gaz güçlü bir sera gazıdır.^[2,6,19,15] Anestezi gazlar, atmosfer

fere salındığında, yalnızca maruz kalan çalışanlar için sağlık risklerine neden olmakla kalmaz, aynı zamanda küresel ısınmaya da neden olur.^[6] Anestezik ajan kullanımına ilişkin çevresel öneriler arasında; inhalasyon anestezisi kullanılıyorsa en düşük küresel ısınma potansiyelinin kullanılması, uygun durumlarda lokal veya bölgesel anestezi kullanılması, mümkün olduğunda yüksek taze gaz akışları (5-6 L) ve uygunsuz düşük O₂ konsantrasyonu ile TİVA kullanılması, azot oksit (N₂O) kullanımının azaltılması, taze gaz akışının düşürülmesi, yeni anestezik ajanlar kullanılması, uçucu anestezikler hakkında eğitim verilmesi ve/veya bunların bulunabilirliğinin azaltılması, propofolün biyolojik birikimini önlemek için uygun bertaraf tekniklerinin kullanılması, daha küçük propofol şişelerinin (20 ml) stoklanması yer alır.^[24,29]

Anestezi seçimi hem karbon ayak izini hem de ameliyathane maliyetlerini önemli ölçüde etkiler.^[1] Desfluranın karbondioksit emisyonları diğer anestezik gazlardan daha fazladır.^[1,7,16] Solunan maddeler ve propofolün karbon ayak izini karşılaştıran bir çalışma, desfluranın en yüksek ayak izine sahip olduğu, izoflurandan 15 kat ve sevofluran 20 kat daha fazla olduğu sonucuna varmıştır. Daha da önemlisi, propofol en düşük karbon ayak izine sahiptir.^[8] Örneğin, 240 ml'lik bir desfluran şişesi 886 kg karbondioksit emisyonu üretirken, 250 ml'lik bir sevofluran şişesi 49 kg karbondioksit emisyonu üretir.^[16] Desfluran yerine sevofluran kullanıldığında karbon ayak izinin %73 oranında azaltılabileceği gösterilmiştir. Sevofluran yerine intravenöz propofol kullanılarak çevresel etki daha da azaltılabilir. Anestezik gazların küresel ısınma üzerindeki bu etkileri göz önüne alındığında, bu gazların salınımını azaltmak için gaz yakalama sistemleri ve düşük gazlı ventilatörler önerilmektedir.^[6]

Anestezik gazlar yerine anestezi için alternatif tekniklerin uygulanması, ekolojik etkileri azaltılabilir.^[21] Belirli durumlarda, cerrahi bir prosedür için birden fazla, uygun anestezi türü vardır. Bölgesel anestezi veya TİVA, anestezik gazların kullanımını azaltılabilir.^[8] Rutin elektif ortopedik cerrahide anestezi ekibiyle inhalasyon anesteziklerinin kullanımını en aza indirme konusu görüşülmeli, mümkün olduğunca nöraksiyel, rejyonel ve lokal anestezi yöntemlerini göz önünde bulundurulmalıdır.^[15,16,19,20] Genel anestezi yerine sedasyon kullanımı, cerrahi süreyi, ilaç kullanımını ve iyileşme süresini kısaltarak kaynak tasarrufu sağlar.^[11]

Seyahat kaynaklı kirliliği azaltmak için telekonsültasyon uygulamak

Cerrahi telekonsültasyon hizmetleri, gereksiz yüz yüze klinik ziyaretleri azaltarak, seyahat ve araç kaynaklı kirlilik oranını düşürmeye, hastanın seyahat masraflarını ve zaman kaybını azaltmaya yardımcı olur.^[1,8,21] Ulusal

sağlık sistemi raporuna göre, tüm takip konsültasyonlarının %15'i için teletıbbin uygulanmasının, karbondioksit emisyonlarında azalmaya yol açacağı belirtilmiştir.^[7] Curtis ve ark., yüz yüze ve yüz yüze olmayan ayakta tedavi ortopedik randevuları arasındaki CO₂e emisyonlarını karşılaştırmış ve yüz yüze olmayan telefon konsültasyonlarının yüz yüze randevulara kıyasla %58 daha az CO₂e emisyonu ürettiğini bulmuştur.^[44]

Tele tıp artık hasta seyahatini azaltmak için uygulanabilir ve kabul görmüş bir araç hâline gelmiştir. İngiliz Ortopedi Derneği, cerrahlara hasta seyahatini en aza indirme fırsatlarını vurgulayan yönergeler yayınlamıştır. Sanal konsültasyonlar aracılığıyla, kapsamlı hasta geçmişi uzaktan elde edilebilir ve bu da birçok durumda doğru teşhis sağlayabilir.^[23] Ortopedik cerrahide daha yaygın hâle gelen teletıp, daha sürdürülebilir bir cerrahi yola doğru atılmış bir adımdır ancak tüm ortopedik randevuların yerini almamalıdır.^[4] Sanal randevular ayrıca hastaların randevulara gitmek için işten izin almaları durumunda seyahat maliyeti ve ekonomik üretkenlik göz önünde bulundurulduğunda ek ekonomik avantajlar sağlar.^[25] Fizik tedavi ziyaretlerini akıllıca kullanarak, telesağlığı artırarak, uydu klinikleri kurarak ve konferans seyahatlerini azaltarak bu ayak izi azaltılabilir.^[19]

Elektronik tıbbi kayıt sistemine geçmek

Telemedikal veya elektronik tıbbi sistemler gibi yeni teknolojileri benimsemek karbon emisyonlarını azaltır.^[4,36] Kağıt atıklarını azaltmak ve operasyonel verimliliği arttırmak için kağıt tabanlı sistemlerden dijital çözümlere geçilmelidir.^[22] Kliniğe fiziksel olarak katılması gerekenler için hastalara metin veya e-posta yoluyla kağıtsız randevu hatırlatıcıları verilmelidir. Kağıt kullanımını azaltmak için elektronik hasta kayıtları kurulmalı ve birincil bakım dâhil olmak üzere birden fazla ekiple paylaşılan sistemler, yinelenen soruşturmaları önlemelidir.^[1]

Araştırma

Ortopedik cerrahi alanlara özgü kümülatif karbon ayak izine odaklanan daha kaliteli ve daha büyük hacimli araştırmalara ihtiyaç vardır.^[4] Araştırma yapılmasına gereksinim duyulan alanlar arasında; cerrahi yaklaşımların çevresel yükü, geri dönüşüm, yeniden kullanım, atık azaltımına ilişkin önlemlerin güvenliği, sürdürülebilir anestezi, teletıp ve teknolojik gelişmelerin çevresel etkisi ve maliyet etkinliğinin değerlendirilmesi yer alır.^[8] Cerrahi sürecin çevresel etkisini azaltmak kolektif eylem ve katılım gerektirir.^[4,13,15,27] Düzenli denetimler ve ekocerrahi müdahalelerin değerlendirilmesi için disiplinler arası grupların oluşturulması, eğitim ve farkındalık programlarına odaklanılması çevre dostu cerrahi uygulamaların temelini oluşturur.^[21]

Ortopedik cerrahide, yapılacak ameliyat sayısı gelecekte katlanarak artacaktır. Ortopedi ameliyathanelerinde aylık karbon emisyonları ve geri dönüşüm oranları belirlenmelidir.^[1] Uçucu anestezi indüksiyonunun etkisini azaltmak için yeni gaz temizleme ve imha teknolojileri araştırılmalıdır.^[29] Alet sterilizasyonu, çamaşır yıkama, bakım ve peyzaj alanlarında su kullanımını belirlemek için çalışmalar yapılmalıdır. Ek olarak, daha az su kullanan temizleme ve sterilizasyon teknikleri geliştirilmesine yönelik araştırmalara ihtiyaç vardır.^[19]

Tek kullanımlık ekipmanların yeniden işlenmesi tartışmalı bir konudur. Tek kullanımlık ekipmanın sterilize edilmesi ve yeniden kullanılması süreci, çok çeşitli cerrahi kaynaklar için emisyonları ve atıkları önemli ölçüde azaltabilir. Ancak, enfeksiyon kontrolü ve yeniden işlemenin faydasına ilişkin araştırmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır.^[29]

Eğitim

Amerikan Hemşireler Derneği, Uluslararası Hemşireler Konseyi, Dünya Sağlık Örgütü, Amerikan Anestezistler Derneği ve Amerikan Ameliyathane Hemşireler Birliği (*The Association of Perioperative Registered Nurses, AORN*) çevrenin sağlığının hastaların sağlığıyla bağlantılı olduğuna ve hemşirelerin ve sağlık hizmeti liderlerinin sürdürülebilir sağlık hizmetine olumlu katkıda bulunabilecekleri yollar hakkında bilgilendirilmesi gerektiğine inanmaktadır.^[16] Çalışmalarda çevresel açıdan sürdürülebilir değişikliklerin uygulanmasının önündeki en yaygın iki engelin, altyapı ve eğitim eksikliği olduğu tespit edilmiştir.^[3] Sürdürülebilir tüketim davranışı bilgiyle doğru orantılıdır. Sürekli eğitim bireylerin algılarını değiştirebilir, farkındalıklarını ve katılımlarını arttırabilir.^[38] Ülkemizde ayrıştırma alışkanlığının olmaması, tüm atıkların çöp olarak değerlendirilmesi, atıkların ekonomik değerinin bilinmemesi ve eğitim faaliyetlerinin yetersizliği geri dönüşüm uygulamalarının sektöre uğramasının başlıca nedenleridir.^[38]

Cerrahide sürdürülebilirlik konusunda farkındalık ve eğitim eksikliği vardır.^[8] 2020 yılında yapılan bir çalışmada, cerrahların %19'unun iklim değişikliğinin insan faaliyetlerinden kaynaklanmadığına ve herhangi bir insan eylemi gerektirmediğine inandığı ve %61'inin mevcut uygulamalarında sürdürülebilirlik konusunda endişe duymadıkları ve %20'den azının bu konu hakkında eğitim/rehberlik aldığı saptanmıştır. Bu veriler, cerrahi sürdürülebilirliği konusunda eğitimin acilen gerekli olduğunu göstermektedir.^[8] Eğitimlerde, çalışanlar arasında çevre koruma önlemlerinin önemi konusunda farkındalık yaratılması, kaynakların verimli kullanımının teşvik edilmesi ve atık azaltma ve geri dönüşüm uygulamalarının

benimsetilmesi gerekir.^[21] Ortopedik cerrahide atıkların doğru şekilde ayrılmasına ve çevresel sürdürülebilirliğin faydalarına odaklanan eğitim programlarının, ameliyathanelerde üretilen biyolojik tehlikeli atık oranını azalttığı ve geri dönüşüm oranlarını arttırdığı gösterilmiştir.^[4] Enerji verimliliği programlarını, yeşil bina tasarımlarını, alternatif enerji kaynaklarını, düşük karbonlu ulaşımı, atık geri dönüşümünü ve su tasarrufunu teşvik ederek sağlık sektörü daha yeşil olmak için birkaç temel strateji geliştirebilir. Sürdürülebilir bir şekilde kolektif olarak hareket etmek için farkındalığı ve eğitimi geliştirmek önemlidir.^[20]

Sonuç

Sonuç olarak, küresel nüfus yaşlandıkça ve kas-iskelet bakımına olan talep arttıkça, ortopedik prosedürlerin karbon ayak izi giderek daha önemli hâle gelmektedir. Hemşireler, doktorlar ve tüm sağlık çalışanları çevre dostu uygulamaların farkında olmalı ve sağlıklı bir çevrenin korunmasında aktif rol almalıdır. Ortopedik cerrahide çevre dostu uygulamalar enerji tüketimini azaltmayı, kaynakları ve ham maddeleri akıllıca kullanmayı, çevre kirliliğini azaltmayı içeren ve hastalar için en iyi sonuçları çevre dostu bir şekilde elde etmeyi amaçlayan cerrahi bir yolu kapsar. Bilinçli, çevresel açıdan sorumlu seçimler yapmak, ortopedik cerrahi alanında sürdürülebilirliği teşvik edebilir.

KAYNAKLAR

1. McAleese T, Jagiella-Lodise O, Roopnarinesingh R, Cleary M, Rowan F. Sustainable orthopaedic surgery: Initiatives to improve our environmental, social and economic impact. *Surgeon* 2024;22(4):215-20. **Crossref**
2. Sampath B, Jensen M, Lenoci-Edwards J, Little K, Singh H, Sherman JD. Reducing Healthcare Carbon Emissions: A Primer on Measures and Actions for Healthcare Organizations to Mitigate Climate Change. AHRQ Publication No. 22-M011. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality; September 2022.
3. Kar A, Pant A, Shah R. Ethical considerations in the management of orthopedic surgery waste: Balancing environmental protection and participant safety. *Cureus* 2024;16(9):e70342. **Crossref**
4. Phoon KM, Afzal I, Sochart DH, Asopa V, Gikas P, Kader D. Environmental sustainability in orthopaedic surgery. *Bone Jt Open* 2022;3(8):628-40. **Crossref**
5. Stacey I, Vilà G, Torres-Claramunt R, Puig L, Torrens C. Plastic waste in major orthopaedic surgical procedures: Descriptive and sources of improvement. *Int Orthop* 2024;48(7):1701-6. **Crossref**
6. Guetter CR, Williams BJ, Slama E, Arrington A, Henry MC, Möller MG, et al. Greening the operating room. *Am J Surg* 2018;216(4):683-8. **Crossref**

7. Borg T-M. How Can We Make Hand Surgery Carbon Neutral? *HAND* 2023;18(5):849-53. **Crossref**
8. Cunha MF, Pellino G. Environmental effects of surgical procedures and strategies for sustainable surgery. *Nat Rev Gastroenterol Hepato* 2023;20:399-410. **Crossref**
9. Leone N, Scozzari G, Olandese F, Horeman T, Passera R, Arezzo A, et al. "O.R. GOES GREEN": a first step toward reducing our carbon footprint in the operating room and hospital. *Updates Surg* 2024;76(5):2019-29. **Crossref**
10. Lilienfeld E, Nicholas PK, Breakey S, Corless IB. Addressing climate change through a nursing lens within the framework of the United Nations Sustainable Development Goals. *Nurs Outlook* 2018;66(5):482494. **Crossref**
11. Engler ID, Curley AJ, Fu FH, Bilec MM. Environmental sustainability in orthopaedic surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2022;30(11):504-11. **Crossref**
12. Livingston KS, Jackert EP, Diab M. The carbon footprint of American Academy of Orthopaedic Surgeons and Pediatric Orthopaedic Society of North America national meetings. *JPOSNA®* 2024;6:100011. **Crossref**
13. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: A carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health* 2017;1(9):e381-e388. **Crossref**
14. Royal College of Surgeons of England. Sustainability in surgery strategy. 2021, p. 1-5.
15. Khatkar H, Kyriakides J, McNamara J. The environmental impact of orthopaedic surgery: Assessing strategies for change. *Br J Hosp Med* 2022;83(11):1-4. **Crossref**
16. Kyle E. Sustainability in the perioperative practice setting. *Aorn Journal* 2024;119(3):226-32 **Crossref**
17. Candan Dönmez Y, Aslan A, Yavuz van Giersbergen M. Environment-friendly practices in operating rooms in Turkey. *Journal of Nursing Research* 2019;27(2):e18. **Crossref**
18. Karayurt Ö, Çómez S, Ceylan H. Cerrahi Kliniklerde Çevre Dostu Uygulamalar. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi* 2014;7(4):337-44.
19. Saleh JR, Mitchell A, Kha ST, Outterson R, Choi A, Allen L, et al. The environmental impact of orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2023;105(1):74-82. **Crossref**
20. Moldovan F, Moldovan L. Sustainable waste management in orthopedic healthcare services. *Sustainability* 2024;16(12):5214. **Crossref**
21. Martins RS, Joseph EA, Tariq J, Aziz N, Fatimi SH. The environment under the knife: A review of current Eco-surgical strategies and recommendations for Pakistan. *J Pak Med Assoc* 2022;72(2):S112-S117. **Crossref**
22. Farzad M, Naqui Z, MacDermid J, Cuypers S. Sustainable practices in hand therapy: A global perspective. *J Hand Surg Eur Vol* 2024;49(8):1051-6. **Crossref**
23. McNamee C, Rakovac A, Cawley DT. Sustainable surgical practices: A comprehensive approach to reducing environmental impact. *Surgeon* 2024;22(5):253-9. **Crossref**
24. Winter BJ, Robb HD, James C, Victoria P, Francesca T, Katherine H. Intercollegiate green theatre checklist compendium of evidence. 2022.
25. Davis F, Chan G, Bendall S, Rogers BA. Sustainable orthopaedics: The needs and challenges. *J Orthop Trauma* 2024;38(3):156-61. **Crossref**
26. McNally S, Phizacklea EC, Gibbs VN, Brown R, Wilcocks KV, O'Brien S, et al. Lean pathways in orthopaedics: Multiple wins for sustainability. *Orthop Trauma* 2022;36(5):265-73. **Crossref**
27. Shah S, Morris H, Thiagarajah S, Gordon A, Sharma S, Haslam P, et al. Handling 'carbon footprint' in orthopaedics. *Ann R Coll Surg Engl* 2024;106(6):498-503. **Crossref**
28. Lee RJ, Mears SC. Reducing and recycling in joint arthroplasty. *J Arthroplasty* 2012;27(10):1757-60. **Crossref**
29. Roscioli R, Wyllie T, Neophytou K, Dent L, Lowen D, Tan D, et al. How we can reduce the environmental impact of our operating theatres: a narrative review. *ANZ J Surg* 2024;94(6):1000-10. **Crossref**
30. National Institute for Health and Care Excellence. Surgical site infections: Prevention and treatment. 2020. Erişim adresi: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng125>
31. Potgieter MSW, Faisal A, Ikram A, Burger MC. Water-wise hand preparation - the true impact of our practice: A controlled before-and-after study. *S Afr Med J* 2020;110(4):291-5. **Crossref**
32. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. Environmental considerations in the selection of isolation gowns: A life cycle assessment of reusable and disposable alternatives. *Am J Infect Control* 2018;46(8):881-6. **Crossref**
33. Bolten A, Kringos DS, Spijkerman IJB, Sperna Weiland NH. The carbon footprint of the operating room related to infection prevention measures: A scoping review. *J Hosp Infect* 2022;128:64-73. **Crossref**
34. Brown C, Meals C. Four ways plastic surgeons can fight climate change. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2020;8(7):e2961. **Crossref**
35. Kellish AS, Shahi A, Tornsberg H, Miller L. What Is Orthopaedic Surgery's Environmental Impact? *AAOS* 2021.
36. Baxter NB, Yoon AP, Chung KC. Variability in the use of disposable surgical supplies: A surgeon survey and life cycle analysis. *J Hand Surg Am* 2021;46-A(12):1071-8. **Crossref**
37. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. An environmental analysis of reusable and disposable surgical gowns. *AORN J* 2020;111(3):315-25. **Crossref**
38. Gürgen Şimşek H. Hemşirelerin geri dönüşüm davranışlarını geliştirmede Hastane Geri Dönüşüm Programı'nın etkinliğinin değerlendirilmesi. Doktora tezi. İzmir: Ege Üniversitesi; 2018.
39. Wormer BA, Augenstein VA, Carpenter CL, Burton VB, Yokoley WT, Prabhu AS, et al. The green operating room: Simple changes to reduce cost and our carbon footprint. *Am Surg* 2013;79:666-71. **Crossref**
40. Cichos KH, Hyde ZB, Mabry SE, Ghanem ES, Brabston EW, Hayes LW, et al. Optimization of orthopedic surgical instrument trays: Lean principles to reduce fixed operating room expenses. *J Arthroplasty* 2019;34(12):2834-40. **Crossref**
41. Thiel CL, Fiorin Carvalho R, Hess L, Tighe J, Laurence V, Bilec MM, et al. Minimal custom pack design and wide-awake hand surgery: Reducing waste and spending in the orthopedic operating room. *Hand (NY)* 2019;14(2):271-6. **Crossref**

42. Adamczyk AP, Kim PR, Horton I, Gofton W, Beaulé PE, Grammatopoulos G. The SLIM study: Economic, energy, and waste savings through lowering of instrumentation mass in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2022;37(8S):S796-S802. e2. [Crossref](#)
43. Farrokhi FR, Gunther M, Williams B, Blackmore CC. Application of lean methodology for improved quality and efficiency in operating room instrument availability. *J Healthc Qual* 2015;37(5):277-86. [Crossref](#)
44. Curtis A, Parwaiz H, Winkworth C, Sweeting L, Pallant L, Davoudi K, et al. Remote clinics during coronavirus disease 2019: Lessons for a sustainable future. *Cureus* 2021;13(3):e14114. [Crossref](#)