

# Erişkin Ekstrakorporeal Membran Oksijenizasyonu Uygulamalarında Perkütan Kanülasyon: Stratejiler, Teknikler ve Yönetim Üzerine Bir Derleme

## Percutaneous Cannulation in Adult Extracorporeal Membrane Oxygenation Applications: A Review on Strategies, Techniques and Management

Zeliha Aycan Özdemirkan, Hasan Kutluk Pampal

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

### ÖZ

Ekstrakorporeal Membran Oksijenizasyonu (ECMO), yaşamı tehdit eden kardiyopulmoner yetmezlikte, son yıllarda giderek daha fazla kullanılan ileri bir destek yöntemi hâline gelmiştir. Ekstrakorporeal Membran Oksijenizasyonu'nun etkinliğini ve güvenliğini doğrudan etkileyen en kritik adımlardan biri kanülasyon prosedürüdür. Bu işlem, veno-venöz veya veno-arteriyel ECMO modalitesine bağlı olarak değişir ve uygun kanülasyon stratejisinin seçilmesi hastanın fizyolojisi ve patolojisiyle uyumlu olmalıdır.

Kanülasyon tipik olarak ultrasonografi ve floroskopik kılavuzluk altında perkütan teknikler kullanılarak gerçekleştirilir. Bununla birlikte, özellikle pediatrik hastalarda veya anatomik anormallikleri olan vakalarda cerrahi yöntemler de kullanılmaktadır. Kanülasyon sırasındaki başarısızlık veya komplikasyonlar hemodinamik dengesizlik, kanama, tromboz ve vasküler yaralanma gibi ciddi sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, prosedürün deneyimli bir ekip tarafından gerçekleştirilmesi çok önemlidir.

Teknolojideki son gelişmeler, kanül tasarımlarındaki iyileştirmeler ve görüntüleme kılavuzluğundaki yenilikler kanülasyonun güvenliğini önemli ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte, prosedür pediatrik ve yenidoğan hastalarda önemli zorluklar oluşturmaya devam etmekte ve bu hassas gruplar için daha spesifik kılavuzlara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Bu derlemenin amacı ECMO kanülasyonundaki güncel yaklaşımları ve komplikasyon yönetimi stratejilerini vurgulamak ve klinisyenlere bu kritik prosedürü gerçekleştirme konusunda rehberlik sağlamaktır. Standartlaştırılmış protokollere bağlı kalmak ve iyi eğitilmiş ekipleri süreçte dahil etmek ECMO'nun başarısını artırmada çok önemli bir rol oynamaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu, kanülasyon, komplikasyonlar

### ABSTRACT

Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) has become an increasingly utilized advanced support method in recent years for life-threatening cardiopulmonary failure. One of the most critical steps that directly impacts the effectiveness and safety of ECMO is the cannulation procedure. This process varies depending on the modality, whether veno-venous or veno-arterial ECMO, and selecting the appropriate cannulation strategy must align with the patient's physiology and pathology.

Cannulation is typically performed using percutaneous techniques under ultrasound and fluoroscopic guidance. However, surgical methods are also employed, particularly in pediatric patients or cases with anatomical abnormalities. Failure or complications during cannulation can lead to severe issues, including hemodynamic instability, bleeding, thrombosis, and vascular injury. Therefore, it is crucial that the procedure is conducted by an experienced team.

Recent advancements in technology, improvements in cannula designs, and innovations in imaging guidance have significantly enhanced the safety of cannulation. Nonetheless, the procedure continues to pose substantial challenges in pediatric and neonatal patients, emphasizing the need for more specific guidelines for these vulnerable groups.

This review aims to highlight current approaches and complication management strategies in ECMO cannulation, providing clinicians with guidance on performing this critical procedure. Adhering to standardized protocols and involving well-trained teams in the process play a pivotal role in improving the success of ECMO.

**Keywords:** Extracorporeal membrane oxygenation, cannulation, complications

Geliş tarihi/Received : 12.01.2025

Kabul tarihi/Accepted : 28.01.2025

Yayın tarihi : 31.01.2025

\*Yazışma adresi: Zeliha Aycan Özdemirkan • aycan.k@gmail.com

Zeliha Aycan Özdemirkan  0000-0001-5324-0348 / Hasan Kutluk Pampal  0000-0003-4664-391X

**Atf:** Özdemirkan ZA, Pampal HK. Erişkin ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu uygulamalarında perkütan kanülasyon: Stratejiler, teknikler ve yönetim üzerine bir derleme. JARSS 2025;33(1):1-10.



Bu eser "Creative Commons Atıf-GayriTicari-4.0 Uluslararası Lisansı" ile lisanslanmıştır.

## GİRİŞ

Ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu (ECMO), ağır kardiyopulmoner yetmezlik durumlarında hayat kurtarıcı bir tedavi seçeneği olarak kullanılmaktadır. Ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu uygulamaları, hastaların hemodinamik ve oksijenizasyon ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmakta ve bu alandaki teknolojik ve klinik ilerlemeler, hasta sonuçlarını iyileştirmeye devam etmektedir. Ancak, ECMO'nun başarısı büyük ölçüde doğru kanülasyon stratejilerine, tekniklerine ve yönetimine bağlıdır. Kanüller, hasta ile devre arasındaki temel bileşenlerdir. Devrenin yeterli akım ve destek sağlama kapasitesini önemli ölçüde etkilerler. Kanüller birçok çapta, uzunlukta ve konfigürasyonda olabilir. Bu parametreler hedeflenen akım açısından çok önemlidir. Kanüller, kanülasyon bölgesine, yerleştirme tekniğine (perkütan veya cerrahi), amaçlanan işleve, akım hızına ve vasküler özelliklere göre seçilir. Kanülasyon süreci, teknik karmaşıklığı ve potansiyel komplikasyonları nedeniyle deneyimli ekiplerin iş birliğini ve görüntüleme tekniklerinin kullanılmasını gerektiren bir adımdır.

Kanülasyon stratejileri, ECMO'nun türüne (veno-arteriyel [VA] veya veno-venöz [VV]) ve hastanın klinik durumuna göre belirlenir. Bunun yanı sıra, daha spesifik durumlarda kullanılan üç kanüllü teknikler, pulmoner arter kanülasyonu ya da sağ subklavyen ve aksiller arter kanülasyonu gibi yaklaşımlar, bireyselleştirilmiş hasta yönetiminde önemli bir rol oynar. Kanülasyon sırasında kullanılan teknikler ise perkütan, cerrahi veya kombine yöntemler olarak sınıflandırılabilir ve her birinin avantajları ile dezavantajları bulunmaktadır (1). Kanül seçiminde boyut, kanül özellikleri ve lümen özellikleri gibi faktörler dikkate alınırken, güvenli bir kanülasyon için görüntüleme yöntemleri (ultrasonografi, floroskopi vb.) kritik öneme sahiptir.

Bu derleme, erişkin ECMO uygulamalarında kanülasyon sürecine kapsamlı bir bakış sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle perkütan teknik olmak üzere kanülasyon teknikleri, kanül özellikleri, güvenli ve etkili bir kanülasyon için optimum kanül pozisyonlarının belirlenmesi ve komplikasyon yönetimi ile ilgili bilgi verilmesi planlanmaktadır.

## EKSTRAKORPÖREAL MEMBRAN OKSİJENİZASYONU KANÜLASYON KONFIGÜRASYONLARI VE İSİMLENDİRME

Ekstrakorporeal yaşam desteği kanülasyon terminolojisi dört basamaktan oluşur (2):

1. Temel konfigürasyon ve akım yönü
2. Kanülasyon bölgesi
3. Uç pozisyonu
4. Kanül özellikleri

### 1. Temel Konfigürasyon ve Akım Yönü

Ekstrakorporeal yaşam desteği konfigürasyonunun tanımlanmasındaki temel yaklaşım, ilk olarak kan akım yönünün, sol taraftan sağ tarafa doğru tanımlanmasıdır. Bu şekilde, drenaj tarafı solda ve oksijenlenmiş kanın hastaya döndüğü taraf sağda yer alacak şekilde bir konfigürasyon tanımlanmaktadır (2). Buna göre ECMO için dört destek modalitesinin terminolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Venoarteriyel, venöz drenaj ve arteriyel dönüşü ve VV venöz drenaj ile venöz dönüşü tanımlanmaktadır. Hibrit bir mod olan, venovenarteriyel (VVA), yaygın olarak kullanılmakta olup, venöz drenaj ile venöz ve sistemik arteriyel dönüşün eş zamanlı uygulanmasını tanımlar. Diğer hibrit konfigürasyonlar da tanımlanmıştır ancak sık kullanılmadıkları için yaygın kullanılan 4 temel konfigürasyon içinde isimleri geçmemektedir. Temmuz 2020'de, Ekstrakorporeal Yaşam Destek Organizasyonu, kayıtlarındaki değişikliklerle birlikte, zaten tanınan VV, VA ve VVA modlarına ek olarak, ECMO'nun dördüncü ana kategorisi olan venopulmoner (VP) mod tanımlanmıştır (3).

Kardiyak destek amacıyla kullanılan ECMO, dolaşım bozukluğu da tabloya eşlik ettiği için VA konfigürasyonunda uygulanır. Bu, aynı zamanda, ekstrakorporeal kardiyopulmoner re-süsitasyon (E-KPR) amacıyla uygulama sırasında da önerilen konfigürasyondur. Venovenöz ECMO, hipoksemik solunum yetmezliği durumunda önerilen konfigürasyonken, VP ECMO konfigürasyonu, solunum disfonksiyonuna sağ ventrikül yetmezliğinin eşlik ettiği durumlarda sıklıkla kullanılır. Bir diğer ECMO endikasyonu da ekstrakorporeal CO<sub>2</sub> temizlenmesine gereksinim duyulan akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejilerinin katı bir şekilde uygulanması gereken solunum yetmezliği tablosudur. Bu durumda hiperkapni yönetimi için tercih edilecek konfigürasyon VV veya arteriyovenöz ECMO'dur. Eskiden daha yaygın kullanılan arteriyovenöz konfigürasyon, çift lümenli kanüllerle uygulanabilen özel VV sistemlerin geliştirilmesiyle günümüzde daha az kullanılır hâle gelmiştir (3).

Ana kanüller büyük harflerle yazılmaktadır. Veno-venöz ve V-A konfigürasyonlarında tire işaretinin solundaki büyük harf, hastanın dolaşımının venöz tarafına (V) yerleştirilen bir drenaj kanülünü, V-V'de, tire işaretinin sağındaki V, venöz dönüş kanülünü ve V-A'da tire işaretinin sağındaki A arteriyel dönüş kanülünü belirtir. Her iki örnekte de drenaj ve dönüş kanülleri arasında tek bir oksijenatör olduğunu belirten bir tire işareti bulunmaktadır. Eğer bir venöz drenaj kanülü mevcutsa ve dönüş kanülü pulmoner artere yerleştirilmişse, kısaltma "V-P" şeklinde olacaktır (2).

Çoklu kanül konfigürasyonları: Çoklu kanül konfigürasyonlarında ek kanül için ilgili harf, ilgili drenaj veya dönüş tarafında birincil kanülü gösteren harfin dış tarafına yerleştirilir. Örneğin, V-A konfigürasyonunda ikinci bir venöz drenaj kanülü yer-

leştirilmiş ise drenajı gösteren birincil V harfinin soluna V harfi eklenir ve 2 drenaj kanülü olduğunu gösteren VV-A ECMO şeklinde yazılır. Birincil mod VV ise ve bir arteriyel dönüş kanülü eklenerek VVA'ya dönüştürülmüşse, konfigürasyon değişikliği V-V'den V-VA'ya olacaktır. Eğer bir VA konfigürasyonu, venöz tarafa ek bir dönüş kanülü eklenerek hibrit mod olan VVA'ya dönüştürülüyorsa (diferansiyel hipoksemi durumunda), konfigürasyon V-AV olur ve yeni kanül harfi birincil arteriyel dönüş kanülünün dışına yerleştirilir. Bu terminoloji ve yazım şekli, kanül yerleştirilme kronolojisinin bilgilerini sağlar. Eğer implantasyon sırasında mod VVA ise, destek önceliğini göstermek için örneğin dolaşımsal destek birincil hedef ise, kısaltma V-AV olacaktır (3).

İkincil kanüller: Daha küçük bir ikincil kanülü (düşük akımlı) yüksek akımlı birincil kanüllerden ayırt etmek için, ikincil kanüllerin kısaltması küçük harflerle yazılmaktadır. İkincil bir kanülün yaygın kullanımı, V-A ECMO'da femoral arter ile kanüle edilmiş alt ekstremitenin femoral dönüş kanülü ile distal antegrad perfüzyonudur. Bu daha küçük olan (5-8 Fr) kanül, küçük harfle "d" (distal) ile gösterilir. Kısaltma "d", bağlı olduğu kanülün hemen arkasına yazılır (V-Ad). İkincil kanüllere diğer örnekler arasında "venting" kateterleri gibi diğer drenaj kateterleri ve distal venöz drenaj kateterleri bulunmaktadır (3).

Ön eklerin anlamı: Parantez içinde küçük harflerle yazılan önekler ECMO konfigürasyonu ile ilgili detay bilgiler sunmaktadır. Örneğin çift lümenli (*double lumen* – dl) kanülün kullanıldığı V-V veya V-P konfigürasyonları (dl)V-V veya (dl)V-P şeklinde yazıldığında drenaj kanülünün çift lümenli olduğu anlaşılmaktadır. Çift lümenli bir drenaj kanülünün kullanıldığı VA konfigürasyonunda ise terminoloji (dl)VV-A şeklindedir (3). Daha da detaylı bilgi sağlamak amacıyla "dl" ifadesi bikaval için "bc", kavatriyal için ise "ca" şeklinde yazılabilmektedir (2).

## 2. Kanülasyon Bölgesi

İkinci basamakta hangi damarın kanüle edildiği bilgisi verilir. Bu bilgi alt simgeler kullanılarak sağlanır. Örneğin VV-ECMO'nun femoro-femoral kanülasyon ile uygulandığı durumlarda  $V_f-V_f$ , jugulo-femoral kanülasyon ile uygulandığı durumlarda  $V_j-V_f$  şeklinde isimlendirme yapılır. Femoral vende tek bir drenaj kanülünün olduğu ve biri femoral arterde diğeri ise juguler vende bulunan iki drenaj kanülünün bulunduğu durum ise  $V_f-A_f V_j$  şeklinde yazılır. Kanülasyon tarafını belirtmek için ise sağ taraf için "r", sol taraf için ise "l" alt simgeleri kullanılır, ör.  $V_{fr}-A_{fr}$  (2).

## 3. Kanül Uç Pozisyonu

İsmlendirmeyi tam anlamıyla yapabilmek için kanüllerin uç noktalarının sonlandığı bölgeler de belirtilmelidir. Bu bilgi, kanın drene edildiği ve dönüşün sağlandığı anatomik bölgenin

net olarak anlaşılmasını sağlayacaktır. Örneğin femoral venöz kanülasyon ile kanül ucu inferior vena kavaya (IVC) yerleştirilmiş bir drenaj kanülü ve internal juguler venöz kanülasyon ile kanül ucu sağ atriyumuna yerleştirilmiş bir V-V ECMO konfigürasyonu " $V_{IVC}-V_a$ " şeklinde yazılır (2). Drenaj ve dönüş kanüllerinin uç noktalarının yerleşimi, özellikle VV ECMO sırasında resirkülasyonda ve VA ECMO'da diferansiyel hipoksemide önemli etkilere sahiptir (4-6).

## 4. Kanül Boyutları

Kanül boyutunu belirtmek için, ilgili harften sonra French (Fr) birimi cinsinden kanül çapı da eklenmelidir. Örneğin V17-V15, 17 Fr drenaj ve 15 Fr dönüş kanülü ile VV konfigürasyonu gösterir. Ek olarak, santimetre cinsinden kanül uzunluğu da çaptan sonra eğik çizgi ("/") sembolü kullanılarak eklenebilir. Örnek olarak V18/20 18 Fr'lik bir boyutu ve 20 cm'lik bir uzunluğu belirtir. Ancak çap belirtilmiyorsa tek başına uzunluğun belirtilmemesi gerekir (2).

## KANÜL SEÇİMİ VE ÖZELLİKLERİ

Uygun kanülü ve damarı belirlemek için inspeksiyon ve görüntüleme yöntemleri kullanılmalı, beklenenden bir boy büyük ve küçük kanüller her zaman hazır bulundurulmalıdır. Tipik olarak bu kanüllerden beklenen (dl)V-V için  $80 \text{ mL kg}^{-1} \text{ dk}^{-1}$  ve V-A için  $100 \text{ mL kg}^{-1} \text{ dk}^{-1}$  akım sağlamasıdır. Hedef  $200 \text{ mL kg}^{-1} \text{ dk}^{-1}$  ise, kanül boyutlarının büyütülmesi veya sayısının artırılması gerekebilir. Bu tür büyük kanüller periferik damarlar için uygun değilse transtorasik kanülasyon gerekli olabilir (1).

Akım için en önemli değişken, milimetre (mm) veya Fr (1 Fr=3 mm) cinsinden ifade edilen ve kanülün dış çapını ifade eden çaptır. İç çap, kanülün duvar kalınlığına bağlı olarak farklı markalar arasında değişebilse de kanülün direncini belirleyen kanülün iç çapıdır (7).

Kanül çapının artırılması devreden geçen maksimum kan akımını artıracaktır ancak damar ve doku hasarına yol açma olasılığı da bu durumda daha yüksek olacaktır. Kanül boyutunu planlarken çeşitli yöntemler kullanılabilir. Yöntemlerden biri hastanın kalp debisini hesaplamak ve ardından üretici tarafından sağlanan bilgileri kullanarak bir kanülden geçen tepe akımını tahmin etmektir. Diğer bir teknik ise damarların boyutuna göre güvenliği riske etmeyecek mümkün olan en büyük kanülleri yerleştirmektir. Ultrasonografi ile damarların ponksiyon noktasındaki çapı ölçülür. Bu ölçüm, kanülün etrafında bir miktar kan akımına izin vermek için kanülün damarın maksimum boyutundan daha küçük olmasını sağlayabilmek açısından önemlidir. Damarın  $\geq 2/3$ 'ü kanül tarafından tıkanırsa venöz sistemde ödem, staz ve derin ven trombozu ortaya çıkabilir (8,9). Venöz yapılar arteriyel yapılara göre daha esnek ve genişleyebilen yapılardır. Dolayısıyla arteriyel kanülasyonda bu kurala daha çok dikkat etmek gerekmektedir. Arteriyel

kanülasyonda uygun olmayan büyük boyutlu bir kanül seçimi ekstremite iskemisine ve kaybına yol açabilir.

Kanül uzunluğu, hastanın boyutu ve drenaj ve dönüş kanülünün yerleştirilmesi istenen bölgeye bağlıdır. Kanül uzunluğu arttıkça akıma karşı oluşan direnç de doğrusal bir şekilde artar. Her bir kanül için üretici firmanın sağladığı kullanım talimatları kısmında akım/basınç eğrisi bulunmaktadır. Burada verilen bilgiler tipik olarak çeşitli akım hızlarında kanül girişinden çıkışına kadar meydana gelen ve direncin bir göstergesi olan “basınç düşüşünü” içerir. Bu parametre kanülasyon kararlarına rehberlik edebilecek farklı basınç düşüşlerinde beklenen akım hızlarını ifade eder. Genel olarak, drenaj kanülleri için <50 mm Hg ve dönüş kanülleri için <100 mm Hg basınç düşüşleri hedeflenir (1,7).

Ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu kanüllerinde akım Poiseuille Yasası kullanılarak açıklanabilir. Bu yasaya göre akım hızı, sürücü basıncının yarıçapın dördüncü kuvvetiyle çarpılıp uzunluğa bölünmesiyle hesaplanabilir. Dolayısıyla, bir kanülün uzunluğunun iki katına çıkarılması belirli bir basınçta akım hızını yarıya indirir ve çapın iki katına çıkarılması akım hızını 16 kat artırır (1).

Kanüllerin yan delik profilleri de önemlidir (1). Genel olarak, kanül içinden akımı sağlayan uç noktada santral bir açıklık bulunur. Sıklıkla, kanın drene edileceği veya hastaya geri gönderilebileceği alternatif bir yol olarak da yan delikler bulunur. Yan deliklerin konumu uca yakın olabilir veya kanülün uzunluğu boyunca aralıklarla (“çok aşamalı”) yerleştirilebilir. Drenaj kanüllerinde bu yan deliklerin bulunması, kanülün damar duvarına yapışmasını önler (7).

Kanüller polivinil klorür veya poliüretan polimerler kullanılarak üretilir. Hemokompatibilitiyi artırmak için yüzey kaplamalı olarak üretilen kanüller bulunmaktadır. Bükülme ve kollapsı önlemek ve radyoopasite sağlanması içinse kanüllerin duvarlarının içinde tellerle güçlendirme yapılmıştır (7).

Kanüller tek lümenli veya çift lümenli olarak üretilebilir. Tek lümenli kanüllerin kullanıldığı durumlarda, drenaj ve dönüş için iki ayrı kanül ile kanülasyon yapılır. Çift lümenli kanüllerde ise drenaj ve dönüş akımının sağlanması tek kanülle mümkündür. Çift lümenli kanüllerin bikaval ve unikal olmak üzere iki genel tasarımı vardır. OriGen® sağ atriyumda sonlanır; sağ atriyum ve superior vena kavadan drenaj sağlarken, Avalon® hem superior hem de inferior vena kavadan drenaj sağlar. Avalon® kateterinde drenaj ve reinfüzyon açıklıkları arasındaki mesafe resirkülasyonu en aza indirir. Ancak OriGen®'in yerleştirilmesi teknik olarak daha kolaydır ve özellikle yenidoğanlarda VV-ECMO için daha yaygın olarak kullanılmıştır (10).

Kanül boyutu seçiminin damar boyutu ve gereken akıma göre belirlenmesi gerekliliğiyle birlikte genellikle dönüş için 15-17

Fr ve drenaj içinse 25-27 Fr kullanılmaktadır. Daha iri hastalarda 17-19 Fr arteriyel dönüş kanülü de kullanılabilir (11,12).

Tek lümenli VV ECMO uygulamalarında drenaj için 23-29 Fr, juguler ven dönüş için 15-23 Fr, femoral ven dönüş için 23-29 Fr kanül boyutları önerilmektedir. Bikaval kanüllerde tipik olarak, 23 Fr kanül maksimum 3 L dk<sup>-1</sup>, 27 Fr kanül 4,5 L dk<sup>-1</sup> ve 31 Fr kanül en fazla 5 L dk<sup>-1</sup> akıma izin verir. Yüksek akım hızlarında daha çok hemoliz meydana gelebilir (13).

## KANÜLASYON BÖLGELERİ ve TEKNİKLERİ

Kanülasyon, periferik vasküler yapılar veya santral olarak intratorasik vasküler yapılar kanüle edilerek gerçekleştirilebilir. Bu amaçla perkütan, cerrahi veya hibrit teknikler kullanılabilir.

Vasküler ponksiyonunun karın veya göğüs boşluğu dışındaki bir vasküler yapı üzerinde gerçekleştirilmesini içeren kanülasyon periferik kanülasyon olarak tanımlanmıştır (14). Periferik kanülasyon Seldinger tekniği, cut-down veya semi-Seldinger tekniği olarak bilinen hibrit bir yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilebilir (2). Kanülasyon sırasında damarların doğrudan görülebilmesi cut-down yaklaşımının birincil avantajıdır. Perkütan girişte başarısız olduğunda bu teknik kullanılabilir ancak perkütan teknikle karşılaştırıldığında artmış kanama ve enfeksiyon riski söz konusudur (15).

Periferik kanülasyonda perkütan teknikle kanüle edilebilen damarlar juguler ven, femoral ven, sol subklavyen ven, femoral arter ve subklavyen arter iken cerrahi teknikle kanüle edilebilen yapılar juguler ven, sağ aksiller arter, sağ subklavyen arter, sol subklavyen ven, femoral ven, femoral arter, iliak damarlar, abdominal aorta ve inferior vena kavadır (1,2,16).

Santral kanülasyon, kardiyak yapıların, intratorasik aortanın veya pulmoner arterin kanülasyonunu ifade eder ve sternotomi veya torakotomi gerektirir (1,14). Santral kanülasyonda kanüle edilen yapılar sağ atriyum, sağ ventrikül, pulmoner arter, sol atriyum, sol ventrikül ve innominat arterdir (3).

Enfeksiyon ve kanama riskini azaltmak için periferik kanülasyon tercih edilebilir (17). Ancak VV ECMO'da periferik vasküler yapılar kullanıldığında kanül boyutunun yetersiz kalması, VA ECMO'da kardiyak outputun karşılanamaması gibi periferik ECMO'ya ait bazı kısıtlılıklar mevcuttur. Bu gibi durumlarda alternatif stratejiler gerekli olabilir. Kanülasyon yönteminde bir değişiklik gerekiyorsa, sternotomi yoluyla santral kanülasyona geçmek gerekebilir (18). Bu teknik yeterli destek sağlasa da tekniğin invaziv bir yöntem olduğu ve beraberinde enfeksiyon ve kanama gibi olumsuz sonuçların olabileceği unutulmamalıdır.

Bazı durumlarda tek bir ECMO devresi ile elde edilen akım yeterli destek sağlamak için yetersiz kalabilir. Örneğin hipoksemi için VV ECMO uygulanan ve sepsis eşlik ettiği için yüksek

kalp debisi ile seyreden hastalarda, tek bir ECMO devresinin sağladığı akım yeterli solunum desteğini sağlamayabilir. Pron pozisyon, beta bloker tedavi, transfüzyon stratejileri gibi yaklaşımların yetersiz olduğu durumlarda ikinci bir VV ECMO devresine bağlanan ikinci bir drenaj ve geri dönüş kanülü ile yeterli solunum desteği sağlanabilmektedir. Benzer şekilde, VA ECMO ile yeterli son organ perfüzyonlarının sağlanamadığı durumlarda ikinci bir VA ECMO devresi ile uygulanan paralel destek daha fazla sistemik akım sağlayabilir (18). Bu durum söz konusu olduğunda bu ek ECMO devreleri paralel, bağımsız veya paralel bağımsız devreler olarak isimlendirilmektedir (2,3). Bu uygulamalarda da koşulların gerektirdiği şekilde santral/periferik ve cerrahi/perkütan teknikler tercih edilmelidir.

Kanülasyon acil, acele (hasta şokta, ancak kardiyak arrest değil) veya elektif olabilir [örneğin işlem sırasında destek (PCI veya perkütan kapak prosedürü)] (1).

Kanülasyonda en iyi stratejiyi planlamak için birkaç soru sormak yararlı olacaktır:

- Ne kadar akım gerekiyor?
- Drenaj ve dönüş kanüllerini nereye yerleştirmeliyiz?
- Hangi kanülasyon tekniğini kullanmalıyız?
- Hasta ne kadar süre ekstrakorporeal desteğe ihtiyaç duyacak?
- Hastanın ne zaman ekstrakorporeal desteğe alınması gerekiyor?
- Kanülasyonu yapacak en iyi kişi kimdir?
- Antikoagülasyon stratejisi nedir?
- Güvenli bir kanülasyon nasıl gerçekleştirilebilir (1)?

Uygun ekipman, tek kullanımlık malzeme ve personelin mevcudiyetini sağlamak için prosedür öncesi planlama esastır. Hastanın her cerrahi işlemde olduğu gibi steril bir şekilde boyanması ve örtülmesi gerekmektedir. Hem işlem öncesi hem de işlem sonrası takip için ekipler tarafından uygun görülen kontrol listelerinin kullanılması işlem başarısını ve hasta güvenliğini arttıracaktır (1).

### Venoarteriyel Kanülasyon

İnguinal ligament seviyesi üzerinden gerçekleştirilen damar ponksiyonları retroperitoneal hemoraji riski taşımaktadır. Ponksiyon bölgesinin belirlenmesi amacıyla inguinal cilt kıvrımının değerlendirilmesi özellikle obez kişilerde güvenilir değildir. Ateroskleroz varlığı ve yüksek yerleşimli femoral arter bifurkasyonları floroskopi ile tespit edilemez. Bu nedenle, vasküler yapıların değerlendirilmesi için ultrasonografi kullanımı önerilmektedir (1).

Vasküler erişim ultrasonografi ile hem transvers hem de longitudinal oryantasyonda gerçekleştirilebilir. Ana femoral arter bifurkasyonunun ve femoral venin hızlı bir şekilde ayırt edilebilmesi için transvers görünümle başlanması tavsiye edilir. Ancak vasküler ponksiyon longitudinal görünümde daha kolay gözlemlenebilir ve kılavuz telin damar içi konumu da longitudinal oryantasyonda görüntülenebilir (1).

Ana femoral arter yüzeysel ve derin femoral arter dallarına ayrılır. Femoral ven, bifurkasyonunun proksimalinde ana femoral arterin medialinde yer alır. Ana femoral arter bifurkasyonunun distalinde, femoral ven yüzeysel femoral arterin posteriorunda seyretmeye başlar. Arter bifurkasyonunun distalinden gerçekleştirilen bir ponksiyonda, yüzeysel femoral arterden femoral vene hatalı bir girişime, dolayısıyla istenmeyen venöz kanülasyona ve arteriyovenöz fistül oluşumuna yol açabilir (1).

Ultrasonografi kılavuzluğunda vasküler girişim, mikroponksiyon iğneleri (21-22G) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu iğnelerin içinden 0.018" kılavuz teller geçebilmektedir. Mikroponksiyon setlerini kullanmanın avantajı, damar girişinin yanlış olması durumunda daha az travmaya sebep olması ve iğnenin çekildiği durumlarda hemostazın daha kolay sağlanmasıdır (19). Heparinizasyon genellikle mikroponksiyon katecterinin yerleştirilmesinden sonra sağlanır. Damar girişi ve intralüminal tel yerleşimi doğrulandıktan sonra, floroskopi altında 0,038" kılavuz tel yerleştirilir. Vertebral kolonun solundaki kılavuz tel pozisyonu aortik pozisyonu, sağındaki kılavuz tel ise inferior vena kava konumunu doğrular. Mümkünse, femoral arter ve ven kanülasyonları yapılırken, tek ekstremitenin hem arteriyel hem venöz dolaşımını tehlikeye atmamak adına kanüllerin aynı bacağına yerleştirilmesinden kaçınılmalıdır. Sağ atriya daha doğrudan bir yola sahip olduğu için venöz drenaj kanülünün sağ femoral vene yerleştirilmesi tercih edilir (1).

Venöz kanülasyon için 0,038" kılavuz tel sağ atriya ilerletilir. Bazı operatörler teli superior vena kavaya, hatta subklaviyen vene geçirecek stabilize etmeyi tercih eder. Kılavuz telin ciltten girdiği bölgeye <1 cm'lik küçük bir cilt insizyonu yapılır ve küçük bir Kelly klempini kullanılarak fasyaya kadar diseksiyon yapılır. Ardından, kit içinden çıkan farklı boyuttaki dilatörlerle seri olarak dilatasyon gerçekleştirilir. Kullanılacak en büyük dilatörün yerleştirilecek venöz kanül boyutundan bir boy küçük boyutta olmasına dikkat edilir. Çoğu yetişkin için 21-25 Fr'lik çok kademeli bir drenaj kanülü yeterli olacaktır (20). Floroskopi, telin konumunu doğrulamada ve direnç durumunda kılavuz telin bükülmesini göstermede faydalıdır. Ardından, son dilatör çıkarılarak venotomi bölgesinden kanamayı azaltmak için kompresyon uygulanarak venöz kanül floroskopi eşliğinde, ucu sağ atriya ortasında veya sağ atriya-superior vena kava bileşkesinde olacak şekilde ilerletilir. Kılavuz tel çe-

kilerek kanül içindeki hava boşaltılır ve klempenir. Kanül içinde kan kalmaması ve pıhtı oluşumunun önüne geçmek için kanül içi normal salin ile yıkanır. Venöz kanül bu aşamada veya dönüş kanülü yerleştirildikten sonra da devreye bağlanabilir. Dönüş kanülü de aynı basamaklara dikkat edilerek takıldıktan sonra ECMO akımı başlatılabilir. Kanüllerin tespitinin multiple sütürlerle gerçekleştirilmesi ancak cildin boğulmamasına dikkat etmek gerekir (1).

### Distal Perfüzyon Kanülü

Arteriyel dönüş kanülünün bulunduğu ekstremitede iskemi-yi önlemek için, anterograd distal perfüzyon kanülünün yerleştirilmesi veya distal perfüzyon deliği içeren özel bir kanül kullanılması gerekebilir. Hastanın stabilitesi izin veriyorsa ve 19-21 Fr gibi daha büyük arteriyel kanüller kullanılmış ise distal perfüzyon kanülünün ana kanül yerleştirilmeden önce en azından kılavuz telinin yerleştirilmesi önerilmektedir. Ancak kanülasyon acilse, distal perfüzyon kanülü hasta VA ECMO'da stabilize edildikten sonra yerleştirilebilir. Kanülasyondan sonra anterograd distal perfüzyon kateterinin yerleştirilmesi zor olabilir. Her iki durumda da vasküler ultrasonografi kullanılarak ana veya yüzeysel femoral arterde mikroponksiyon kiti ile anterograd damar ponksiyonu yapılır. Kılavuz tel daha sonra floroskopik olarak yüzeysel femoral artere ilerletilerek 6-8 Fr'lik kısa kateterler tercih edilir. Bu bölgenin daha distalinden de ultrasonografi kılavuzluğunda yüzeysel femoral arterin kanülasyonu mümkündür. Distal perfüzyon kanülü uygun bir şekilde yerleştirildikten sonra, ana dönüş kanülün yan portuna bağlanabilir. Daha küçük 15-17 Fr boyutlarında dönüş kanülleri kullanıldığında distal perfüzyon kateterine ihtiyaç duyulmadığını savunan uygulayıcılar vardır. Ekstremitte perfüzyon stratejisinin seçimi, bazı merkezlerde distal perfüzyonun izlenmesine dayandırılmıştır. Distal iskemiye izlemek için Doppler ultrasonografi ve yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) kullanılabilir (21). NIRS bilateral olarak >%50-60 ise distal perfüzyon kateteri gerekli değildir. Daha büyük kanüllerin (19-21 Fr) kullanıldığı durumlarda distal perfüzyon kanüllerinin kullanımı mutlaka gerekmektedir. NIRS <%50-60 ise veya arteriyel kanüllü bacak ile venöz kanüllü bacak arasındaki NIRS değerleri arasındaki fark %20'yi aşıyorsa, endikasyonu vardır (1). Distal perfüzyon kanülleri perkütan tekniğin başarısız olduğu durumlarda cut-down tekniği de yerleştirilebilir. Distal ekstremitte dolaşımını koruyabilmek için dönüş kanülü femoral artere greft kullanılarak da yerleştirilebilir (22). Yüzeysel femoral arter distal perfüzyon kanülünün yetersiz kaldığı veya kanülasyonun başarısız olduğu durumlarda posterior tibial arterin veya dorsalis pedis arterinin kanülasyonu da distal ekstremitte dolaşımını sağlayabilmektedir (23,24).

### Venovenöz Kanülasyon

Venovenöz ECMO desteğine ihtiyaç duyan yetişkinler genellikle tek bir çift lümenli kanül veya iki veya üç tek lümenli ka-

nül kullanılarak perkütan olarak kanüle edilebilir. Mikroponksiyon kitleri ve ultrasonografi kullanılarak kanülasyon önerilmektedir. Bikaval çift lümenli kanüllerin yerleştirilmesinde kanül uç pozisyonunun inferior vena kavada ve dönüş açıklığının triküspit kapağın önünde konumlandırılmasını sağlamak için görüntü kılavuzluğu zorunludur. Bunun için floroskopi ideal bir yöntemdir. Ancak transözofageal ekokardiyografi kılavuzluğu ile başarılı sonuçlar bildirilmiştir (25). Tek lümenli jugüler veya femoral kanül yerleştirilmesi için ise floroskopi zorunlu değildir (1).

### Tek Lümenli Kanülasyon

Kanülasyon femoral-juguler, juguler-femoral veya femoro-femoral olabilir. İntrakraniyal kanama riskini azaltmak adına juguler vene daha küçük bir juguler dönüş kanülü yerleştirmek ve 25 Fr boyutunda çok kademeli bir kanül ile intrahepatik inferior vena kavadan drenaj sağlamak iyi bir çözümdür. Tek lümenli kanüller ultrasonografi kılavuzluğu kullanılarak yerleştirilmelidir (1).

Drenaj ve dönüş kanülü uç açıklıklarının yakınlığı resirkülasyon miktarı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir; iki açıklık birbirine yakın olduğunda resirkülasyon miktarı daha yüksek olacaktır. Bu durum, superior vena kava ve inferior vena kavanın daha yakın olduğu yenidoğan ve pediatrik popülasyonda daha da önemlidir. Sırtüstü pozisyonunda oturur pozisyona geçiş veya baş ve boynun rotasyonu gibi hasta pozisyonu değişiklikleri de aynı şekilde kanüllerin yönünü etkileyerek resirkülasyon miktarını etkileyebilir. Portlar arasında korunması gereken standart bir mesafe yoktur. Klinik olarak önemli bir resirkülasyondan şüpheleniliyorsa, kanüllerden birini geri çekerek drenaj ve dönüş kanülleri arasındaki mesafenin artırılması gerekir. Kanüllerin pozisyonlandırılması ile ilgili farklı öneriler vardır. Drenaj kanülü sağ atriyum içine yerleştirilebilir ve ventilasyon ayarlamasından sonra konumu yeniden değerlendirilebilir. Dönüş kanülü superior vena kava-atrilyum bileşkesinin birkaç santimetre üzerinde olmalıdır. Kanüllerin pozisyonlandırılması ile ilgili bir diğer öneri ise femoral drenaj kanülünün ucunun inferior vena kava-atrilyum bileşkesine yerleştirilmesidir; çünkü IVC'nin bu kısmı en az kollabe olabilen kısımdır. Dolayısıyla drenaj kanülü yerleşimini bu noktada sağlayıp, dönüş kanülünü geri çekerek resirkülasyonun azaltılması denenebilir. Femorofemoral V-V ECMO için drenaj kanülü sağ atriyum içine ve tek aşamalı dönüş kanülü sağ atriyum ortasına yerleştirilebilir. Bu, proksimal drenaj deliği ile dönüş kanülünün ucu arasında yeterli bir mesafe bırakıldığı sürece yeterli akışa ve minimal resirkülasyona izin verir (26,27).

### Bikaval Kanülasyon

Drenaj superior ve inferior vena kava seviyelerinde olmak üzere iki bölgeden, dönüş ise triküspit kapak seviyesinde bulunan dönüş açıklığı ile sağlanır. Bu konfigürasyon ile çok dü-

şük seviyelerde resirkülasyon ortaya çıkmaktadır. Sağ internal juguler vene yerleştirmek için tasarlanan bu kanüller, hedef damarlar ve innominat ven yeterince büyükse sol internal juguler veya sol subklavyen venden de yerleştirilebilir. Özellikle akciğer transplantasyonuna köprü gibi uzun vadeli destek için sol subklavyen ven kullanımı hasta konforu için tercih edilmektedir (28,29).

Muhtemelen venöz obstrüksiyona bağlı olarak ortaya çıkan yüksek intrakraniyal kanama insidansı nedeniyle yeterli desteği sağlayabilecek mümkün olan en küçük kanül seçilmelidir. Venin ponksiyonunu ve kılavuz tel ilerletilmesini takiben dilatörü geçirmeden önce, dilatörün konik ucunu geçirecek kadar büyük ancak kanülden daha küçük, küçük bir cilt insizyonu yapılır. Böylece işlem sonlandığında cilt kanülü sıkıca kavrar ve kanülün hareket etme ve kanülasyon bölgesi enfeksiyon riski azaltılmış olur. Kanülün, ucu inferior vena kavada ve sağ atriyumdaki dönüş deliği anteromedial olarak triküspit kapağa bakacak şekilde doğru derinliğe yerleştirildiği görüntüleme yöntemleriyle doğrulanır. Bu pozisyonu sağlamak için dönüş lümeni anteromedial olarak yönlendirilir. Kateter yeri doğrulandıktan sonra varsa hava çıkarılarak ECMO devresine bağlantı gerçekleştirilir, klemler kaldırılarak akım başlatılır. Drenaj ve dönüş hatları arasındaki renk farkı ortadan kalkarak her iki hatta da renk açık kırmızıya dönmüşse kardiyak debinin düştüğü veya kateterin yerinin oynadığı ve resirkülasyonun ortaya çıktığı düşünülmelidir. Hasta sağ internal juguler venine yerleştirilmiş olan bir kateterden hemodinamik destek alıyor, acil girişim planlanıyor veya tek erişim yeri bu ven ise, bikaval kanülasyon kateterini bu kateterin yanından yerleştirmek mümkündür (1,30).

### Pulmoner Arter Kanülasyonu

Pulmoner arterin kanülasyonu açık kalp cerrahisi sırasındaki pulmoner arter ventine benzer şekilde LV boşaltılması için drenaj veya sağ ventrikül desteği için dönüş bölgesi olarak kullanılabilir. Kanülasyon cerrahi veya perkütan olarak gerçekleştirilebilir. Kanüller tek lümenli veya çift lümenlidir. Sağ atriyum veya sağ ventrikülden pulmoner artere dönüş doğrudan sağ ventrikül desteği sağlayabilir. Ayrıca drenaj ve dönüş hatları arasına yerleştirilen bir oksijenatör ile gaz değişimi de desteklenebilir. Kanül sağ internal juguler venden yerleştirilir, triküspit ve pulmoner valvleri geçerek uç noktası yerleştirilir. Bu kanüllerin, drenajın sağ atriyumdan veya sağ atriyum-sağ ventrikülden sağlandığı iki tipi vardır. Bunlarla ilgili klinik deneyimler sınırlıdır (1,31).

### Kanüllerin Tespiti

Kanüller birden fazla dikişle yerine sabitlenmelidir. Ancak cildin çok sıkı bir şekilde sütüre edilmesi dokuyu boğar ve erozyona uğratar. Arteriyel lümen üzerindeki sütünün doğru oryantasyonu koruduğuna dikkat edilmelidir. Yapışkan klor-

heksidin jel pedli pansuman örtüleri, hem kanül pozisyonunu korumada hem de kanül bölgesi enfeksiyonunu önlemede çok etkilidir. Ayrıca girişim setleri içinden çıkan kanüllerin ekstremitelere sabitlenmesini sağlayan parçalarında kullanılması hasta güvenliğini artırır (1).

## KANÜLASYON İLİŞKİLİ KOMPLİKASYONLAR

### Venovenöz Kanülasyon İlişkili Komplikasyonlar

Venöz kanülasyon ile ilgili komplikasyonlar herhangi bir santal venöz kanülasyonda karşılaşılanlara benzerdir, ancak kanül boyutu arttıkça komplikasyon ihtimali de artmaktadır. Kanülasyona bağlı ölümcül komplikasyon oranı EOLIA ve CESAR çalışmalarının birleşik analizinde %1,3 olarak bildirmiştir (32).

Ekstrakorporeal Yaşam Destek Organizasyonu Nisan 2021 kayıtlarında hastaların %5,5'inde kanülle ilişkili sorunlar bildirilmiştir (33). Kanül veya kılavuz tel, tamponad, kardiyak perforasyona veya retroperitoneal kanama veya hemotoraks ile sonuçlanan büyük vasküler hasarlara yol açabilir. Kanülasyon sırasında meydana gelebilecek bir perforasyonu yönetebilmek için hazırlıklı olunmalıdır. Ultrasonografi kılavuzluğu ve floroskopi veya transözofageal ekokardiyografi kullanılarak yapılan kanülasyon, majör kanülasyon komplikasyonları riskini azaltır (34). Kanüle edilen ekstremitede iskemi, VV ECMO'da komşu arterin sıkışması, yerleştirme yerinde hematoma veya kanülasyon sırasında arterin yaralanması nedeniyle ortaya çıkabilir.

Kanüle edilmiş damarlarda derin ven trombozu prevalansı 8,1/1000 kanül günü olarak bildirilmiştir (35). Derin ven trombozu insidansının, ortalama aPTT değeri  $\leq 50$  saniye olan hastalarda ve dekanülasyon sonrasında D-dimerleri sürekli yükselen hastalarda daha yüksek olduğu bildirilmiştir (36). Dekanülasyon sonrasında rutin olarak gerçekleştirilecek olan venöz Doppler ultrasonografisi, antikoagülasyon yönetimi hakkında bilgi verebilir.

Yerinden çıkması mortal bir komplikasyon olduğundan kanüller dikkat ve özenle sabitlenmelidir. Ayrıca kanülasyon giriş bölgesinin düzenli bakımı yapılmalı ve enfeksiyon önlemleri alınmalıdır. Yapılan EOLIA çalışmasında kanül yerleştirme bölgesinde enfeksiyon oranı %14 olarak bildirilmiştir (37). Enfeksiyon riskini azaltmak için perkütan yerleştirme önerilmektedir (38).

### Venoarteriyel Kanülasyon İlişkili Komplikasyonlar

Erişim bölgesi ile ilişkili vasküler komplikasyonların hastaların %20'sinde görüldüğü tahmin edilmektedir. Ortaya çıkan komplikasyonlar genellikle hemorajik veya iskemik olarak sınıflandırılabilirler (39). Bunlar arasında posterior damar duvarı perforasyonu, diseksiyon, psödoanevrizma ve tromboz yer almaktadır (40). Ayrıca sistemik antikoagülasyon, trombositoz ve koagülopati nedeniyle nispeten küçük vasküler

yaralanmalarda bile büyük hematoma oluşumları söz konusu olabilir. Bu komplikasyonlar kullanılan kanülasyon tekniği ile doğrudan ilişkilidir. Ancak aksiller (%34), femoral (%36) veya santral (%23) kanülasyon stratejileri arasında kanülasyona bağlı komplikasyonların görülme sıklığı açısından anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (39).

Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu dönüş kanülünün yerleştirildiği alt ekstremitte iskemisi önemli bir vasküler komplikasyondur ve literatürde bildirilen tahmini insidansı %10-20'dir. Ancak deneyimli ECMO merkezlerinde cerrahi müdahale gerektiren kritik ekstremitte iskemisi oranı düşüktür (<%2). Alt ekstremitte iskemisi tromboembolizmden ya da kanülün kendisinden kaynaklanan dolaşım bozukluğundan kaynaklanır. Bu komplikasyonun gelişimini sınırlamak için en yaygın kabul gören teknik, perkütan olarak yerleştirilebilen bir distal perfüzyon kanülü kullanımınıdır. Protokoller kurumlara göre değişmekle birlikte, NIRS ve/veya Doppler ultrasonografi kullanılarak distal bacak perfüzyonunun izlenmesi önerilir (39,40).

Kanülasyona bağlı kanamanın aksiller ve santral kanüllü hastaların %22-23'ünde ve femoral kanüllü hastaların %11'inde meydana geldiği gösterilmiştir. Literatürde bildirilen farklı kanama oranlarındaki geniş çeşitlilik, farklı antikoagülasyon protokolleri ve kurumlar arasında değişen kanama tanımları ile ilişkili olabilir. Benzer şekilde, aksiller kanüllü hastalarda kullanılan greftin ECMO devresinden gelen yüksek basınç ve akıma doğrudan maruz kalması, daha yüksek kanama oranlarını açıklayabilir. Sağ aksiller arter, VA ECMO sırasında arteriyel kanülasyon için sıkça ve güvenli bir şekilde kullanılan bir bölge olmasına rağmen, bu arterin uzun süreli kanülasyonu, bu özel konfigürasyona özgü çeşitli komplikasyonlarla ilişkilidir (39).

Aksiller VA-ECMO hastasından oluşan 81 olguluk bir seride %25 oranında hiperperfüzyon insidansı bildirilmiştir. Dört hastada (%5) kompartman sendromu gelişmiş, bunlardan ikisine (%3) fasyotomi yapılması gerekmiş ve diğer ikisine (%3) ise ilerleyen organ yetmezlikleri nedeniyle müdahale edilememiştir (41).

Aksiller VA ECMO ile takip edilen hastaların %40'ında taburculuk esnasında kanüle edilen sağ üst ekstremitelerinde sensorimotor nöropatilerin geliştiği bildirilmiştir. Benzer defisitler aksiller kanülasyon ile kardiyopulmoner bypass uygulanan hastalarda daha düşük oranda bildirilmiştir. Defisit insidansının VA-ECMO hastalarında daha yüksek oranda ortaya çıkış sebepleri multifaktöriyeldir ve uzamış kanülasyon, hiperperfüzyon ve iyatrojenik yaralanma ile ilgili olduğu düşünülmektedir (39).

## SONUÇ

Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu tedavisinin başarısı, yalnızca uygun hasta seçimi ve doğru tedavi protokollerinin uygulanmasıyla değil, aynı zamanda kanülasyon işleminin etkinliği ve güvenliği ile doğrudan ilişkilidir. İşleme başlarken kanülasyonunun doğru şekilde yapılması, tedavi sürecinin başarısı için kritik bir öneme sahiptir.

Uygun kanül ve damar seçimi, ECMO kanülasyonunun ilk ve en önemli adımlarından biridir. Kanül seçiminde damar büyüklüğü, hastanın hemodinamik durumu ve potansiyel komplikasyonlar dikkate alınmalıdır. Ayrıca, ECMO sırasında komplikasyonları azaltmak amacıyla ultrasonografi ve ekokardiyografi gibi görüntüleme yöntemlerinin kullanılması büyük bir önem taşımaktadır.

Perkütan yerleştirme işlemi, cerrahi kanülasyona göre daha az invaziv olmakla birlikte, uygulama sırasında detaylı bir teknik bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Bu nedenle, ECMO kanülasyonu konusunda eğitim almış ve deneyim sahibi bir ekibin varlığı, komplikasyon oranlarını azaltacak ve tedavi sürecini iyileştirecektir.

Temel ECMO kanülasyonları dışında, bazı durumlarda farklı konfigürasyonlar gerekebilir. Alternatif ve ileri düzey kanülasyon stratejilerinin bilinmesi ve doğru durumlarda uygulanması ve her hasta için kişiye özel bir ECMO kanülasyon planının belirlenmesi, tedavi sürecinin başarısı için önemlidir.

Kanülasyon sonrasındaki bakım, ECMO tedavisinin başarısı açısından kritik bir aşamadır. Kanül yerleştirildikten sonra, kanül giriş bölgesinin izlenmesi, enfeksiyon risklerinin yönetilmesi ve uygun antikoagülasyon tedavisinin düzenlenmesi gereklidir.

Kanülasyon sırasında veya sonrasında ortaya çıkabilecek komplikasyonların önlenmesi, doğru kanül seçimi, doğru yerleştirme tekniklerinin uygulanması ve yakın izlem ile mümkündür. Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu tedavisinin her aşamasında, kanül özelliklerinin iyileştirilmesi, daha az travmatik ve daha güvenli uygulamalara olanak tanıyacaktır.

Tüm bu faktörlerin göz önünde bulundurulması, ECMO kanülasyonunun etkinliğini artıracak ve tedavi sürecinde komplikasyonların azaltılmasına yardımcı olacaktır. Ekstrakorporeal Membran Oksijenasyonu kanülasyonunun doğru bir şekilde uygulanması, ECMO'dan fayda görecektir hastaların sağlığını artırırken, uzun dönemde iyileşme süreçlerine de katkı sağlayacaktır.

**Yazarların makaleye katkı beyanı:** Yazı taslağı, son onay ve sorumluluk: ZAÖ, HKP



## KAYNAKLAR

1. Peek G, Chavez I, Hackmann A, Stukov Y, Lorusso R. Cannulation. In: MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal life support: the ELSO Red book. 6<sup>th</sup> edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization; 2022;47-72.
2. Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, et al. The ELSO Maastricht Treaty for ECLS Nomenclature: Abbreviations for cannulation configuration in extracorporeal life support - a position paper of the Extracorporeal Life Support Organization. *Crit Care* 2019;23(1):36.
3. Broman LM, Badulak J, Brodie D, MacLaren G, Lorusso R, Conrad SA. Nomenclature. In MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book. 6th ed. Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2022;17-27.
4. Brodie D, Slutsky AS, Combes A. Extracorporeal life support for adults with respiratory failure and related indications: A review. *JAMA* 2019;13;322(6):557-68.
5. Falk L, Sallisalimi M, Lindholm JA, et al. Differential hypoxemia during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion* 2019;34(1):22-9.
6. Hou X, Yang X, Du Z, et al. Superior vena cava drainage improves upper body oxygenation during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in sheep. *Crit Care* 2015;19(1):68.
7. Vercaemst L, Maul TM, Arens J, Toomasian JM. The Circuit. In: MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal life support: the ELSO Red book. 6<sup>th</sup> edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization; 2022;29-45.
8. Stulak JM, Dearani JA, Burkhart HM, Barnes RD, Scott PD, Schears GJ. ECMO cannulation controversies and complications. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2009;13(3):176–82.
9. Burrell AJC, Ihle JF, Pellegrino VA, Sheldrake J, Nixon PT. Cannulation technique: Femoro-femoral. *J Thorac Dis* 2018; 10(5):616-23.
10. Hossain MS, Khan FA, Cass DL, Robertson JO. Discontinuation of the OriGen® dual-lumen right atrial cannula decreased venovenous ECMO usage in neonates and older children: A survey of the American Pediatric Surgical Association. *J Pediatr Surg* 2023;58(6):1185-90.
11. Burkhoff D, Sayer G, Doshi D, Uriel N. Hemodynamics of mechanical circulatory support. *J Am College Cardiol* 2015;66(23):2663-74.
12. Price S, Belohlavek J, Chen YS, Yannopoulos D. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adult patients. In: MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal life support: the ELSO Red book. 6<sup>th</sup> edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2022;437–47.
13. Banfi C, Pozzi M, Siegenthaler N, et al. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation: Cannulation techniques. *J Thorac Dis* 2016;8(12):3762-73.
14. Conrad SA, Broman LM, Taccone FS, et al. The extracorporeal life support organization maastricht treaty for nomenclature in extracorporeal life support. A position paper of the extracorporeal life support organization. *Am J Respir Crit Care Med* 2018;198(4):447-51.
15. Richardson AC, Tonna JE, Nanjaya V, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. Interim guideline consensus statement from the extracorporeal life support organization. *ASAIO J* 2021;67(3):221-8.
16. Liu M, Zhang G, Cao Y, et al. Feasibility of ultrasound-guided percutaneous axillary artery cannulation for veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation and its effect on the recovery of spontaneous heartbeat in patients with ECP. *Altern Ther Health Med* 2025;31(1):192-9.
17. Lorusso R, Whitman G, Milojevic M, et al. 2020 EACTS/ELSO/STS/AATS expert consensus on post-cardiotomy extracorporeal life support in adult patients. *Eur J Cardio-Thoracic Surg* 2021;59(1):12-53.
18. Shah A, Dave S, Goerlich CE, Kaczorowski DJ. Hybrid and parallel extracorporeal membrane oxygenation circuits. *JTCVS Techniques* 2021;8:77-85.
19. Pa Pandhi MB, Tyagi R, Surabhi D, Shah KY. Understanding the basics of commonly used wires in interventional radiology. *Semin Intervent Radiol* 2021;38(05):560-4.
20. Wickramarachchi A, Burrell AJC, Joyce PR, et al. Flow capabilities of arterial and drainage cannulae during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: A simulation model. *Perfusion* 2024 (Online ahead of print)
21. Hou X. Distal perfusion cannula use in femoro-femoral VA-ECMO. *Perfusion* 2022;37(5):437–8.
22. Makdisi G, Makdisi T, Wang IW. Use of distal perfusion in peripheral extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Transl Med* 2017;5(5):103.
23. Spurlock D, Toomasian J, Romano M, Cooley E, Bartlett R, Haft J. A simple technique to prevent limb ischemia during veno-arterial ECMO using the femoral artery: The posterior tibial approach. *Perfusion* 2012;27(2):141–5.
24. Kimura N, Kawahito K, Ito S, et al. Perfusion through the dorsalis pedis artery for acute limb ischemia secondary to an occlusive arterial cannula during percutaneous cardiopulmonary support. *J Artif Organs* 2005;8(3):206-9.
25. Ngai CW, Ng PY, Sin WC. Bicaval dual lumen cannula in adult venovenous extracorporeal membrane oxygenation—clinical pearls for safe cannulation. *J Thorac Dis* 2018;10(5):624-8.
26. Abrams D, Bacchetta M, Brodie D. Recirculation in venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J* 2015;61(2):115-21.

27. Douflé G, Su E, Thiagarajan RR, Donker DW, Fan E. Bedside ultrasound. In: MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal life support: the ELSO Red book. 6<sup>th</sup> edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2022;623-42.
28. Faccioli E, Terzi S, Pangoni A, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation: Indications, techniques and results. *WJT* 2021;11(7):290–302.
29. Shafii AE, McCurry KR. Subclavian insertion of the bicaval dual lumen cannula for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thoracic Surg* 2012;94(2):663-5.
30. Shaheen A, Tanaka D, Cavarocchi NC, Hirose H. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation (V V ECMO): Indications, preprocedural considerations, and technique: V V ECMO cannulation technique. *J Card Surg* 2016;31(4):248-52.
31. Cain MT, Smith NJ, Barash M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation with right ventricular assist device for COVID-19 ARDS. *J Surg Res* 2021;264:81–9.
32. Combes A, Peek GJ, Hajage D, et al. ECMO for severe ARDS: Systematic review and individual patient data meta-analysis. *Intensive Care Med* 2020;46(11):2048-57.
33. Burns J, Cooper E, Salt G, et al. Retrospective observational review of percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J* 2016;62(3):325-8.
34. Wang L, Yang F, Zhang S, et al. Percutaneous versus surgical cannulation for femoro-femoral VA-ECMO in patients with cardiogenic shock: Results from the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *J Heart Lung Transplant* 2022;41(4):470-81.
35. Cooper E, Burns J, Retter A, et al. Prevalence of venous thrombosis following venovenous extracorporeal membrane oxygenation in patients with severe respiratory failure. *Crit Care Med* 2015;43(12):e581-584.
36. Fisser C, Reichenbacher C, Müller T, et al. Incidence and risk factors for cannula-related venous thrombosis after venovenous extracorporeal membrane oxygenation in adult patients with acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2019;47(4):e332-9.
37. Combes A, Hajage D, Capellier G, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2018;378(21):1965-75.
38. Barrett NA, Müller T, Vuylsteke A, Hodgson C. Complications, followup, and outcomes of adults with respiratory failure. In: MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal life support: the ELSO Red book. 6<sup>th</sup> edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2022;345-54.
39. Wong JK, Melvin AL, Joshi DJ, et al. Cannulation-related complications on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: Prevalence and effect on mortality: Cannulation-related complications on VA-ECMO. *Artificial Organs* 2017;41(9):827–34.
40. Rando H, Cho SM, Camboni D, Mazzeffi M. Complications, followup, and outcomes of adults with cardiac failure. In: MacLaren G, Brodie D, Lorusso R, Peek G, Thiagaraan R, Vercaemst L, editors. Extracorporeal life support: The ELSO Red book. 6<sup>th</sup> edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2022;449–58.
41. Chamogeorgakis T, Lima B, Shafii AE, et al. Outcomes of axillary artery side graft cannulation for extracorporeal membrane oxygenation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145(4):1088–92.