

Veno-venöz Ekstrakorporeal Membran Oksijenasyonu ile Desteklenen Erişkin Hastaların Yönetimi

Management of Adult Patients Supported by Veno-venous Extracorporeal Membrane Oxygenation

© Sedat Gündöner¹, © Duygu Durmaz²

¹Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Perfüzyon Bölümü, Balıkesir, Türkiye

²Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye

Öz

Bu derlemede veno-venöz ekstrakorporeal oksijenasyon (ECMO) ile desteklenen yetişkin hastaların klinik yönetimi ele alınmaktadır. ECMO için solunum yetmezliği olan yetişkin hastalar değerlendirilirken, solunum yetmezliğinin geri dönüşümlü olma durumu, geleneksel tedavilere karşı direnci, desteğin başlatılması için endikasyon-kontrendikasyon durumları ve başarılı ayrılma kriterlerini belirlemek sürecin başarılı yönetilmesi açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu, solunum yetersizliği, kanülasyon

Abstract

This review focuses on the clinical management of adult patients supported by venous-venous extracorporeal oxygenation (ECMO). When evaluating adult patients with respiratory failure for ECMO, it is important to determine the reversibility of respiratory failure, resistance to conventional therapies, indications and contraindications for initiation of support, and successful weaning criteria for successful management of the process.

Keywords: Extracorporeal membrane oxygenation, respiratory failure, cannulation

Giriş

Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) terimi, kalbi ve akciğerleri veya izole bir şekilde akciğerleri desteklemek için çeşitli vücut dışı dolaşım prosedürlerini ifade etmek için kullanılır. Kardiyovasküler destek ve kalp fonksiyonlarını geçici olarak rahatlatmak için veno-arteriyel (VA) ECMO kullanılır. Veno-venöz (VV) ECMO ise, konvansiyonel ve koruyucu mekanik ventilasyonun yeterli desteği sağlayamadığı şiddetli solunum yetmezliği formlarına sahip hastalar için terapötik bir seçenek olarak ortaya çıkmıştır. Bu derlemede solunum yetmezliği sebebiyle VV ECMO desteklenen erişkin hastaların klinik yönetimi ele alınmıştır.

Tarihsel Gelişim

Ekstrakorporeal destek ilk kez 1971'de ameliyathane dışında solunum desteği (1), 1972'de kardiyak destek (2) ve 1975'te yenidoğanlarda solunum yetmezliği için kullanıldı (3). 1975'ten 1985'e kadar, uzun süreli vücut dışı dolaşım yenidoğan solunum yetmezliği için kullanımı hızla arttı. Çünkü bebekte yüksek oranda mortaliteden sağkalıma geçiş ECMO adı verilen bu teknikle sağlanmış oldu. Bu gelişme ile vasküler erişimler, fizyoloji, antikoagülasyon, gaz değişimi ve hasta yönetimini de kapsayan prensipler oluşturuldu (4). 1986 yılına gelindiğinde 18 merkezden 715 olgu rapor edilmiş ve sağkalım oranı %81 olarak bildirilmiştir (5). ECMO, prospektif randomize çalışmalara dayanarak, geleneksel tedaviye yanıt vermeyen ciddi solunum



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Sedat Gündöner, Bandırma Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Perfüzyon Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Tel.: +90 543 595 36 35 **E-posta:** st.gundoner@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-0513-8581

Geliş Tarihi/Received: 30.09.2023 **Kabul Tarihi/Accepted:** 04.01.2024

yetersizliği olan bebeklerde standart bir hayat kurtarma yaklaşımı haline geldi (6). Ekstrakorporeal yaşam destek organizasyonu, 1989 yılında ECMO'nun uygulandığı merkezlerin oluşturduğu bir organizasyon olarak ortaya çıktı. 1990'da ECMO'nun en yaygın endikasyonu yenidoğan solunum yetmezliğiydi. 2018'de ise yüksek oranda yetişkinler ve çocuklarda kalp ve akciğer desteği olarak değişime uğradı.

Teknik Gereksinimler

Standart bir VV ECMO devresi, alt ve üst vena kavaya giden vasküler erişim kanülleri, bir kan pompası, bir oksijenatör, ısıtıcı-soğutucu ünite ve oksijen-hava karışımını yapan bir mikserden oluşur. ECMO kan pompaları roller veya santrifugal pompa tasarıma sahip olabilir. Ancak roller pompalar iletim kısmının tıkanması sonucu ciddi devre yırtılması tehlikesi oluşturmaktadır. Santrifugal pompalar karmaşık ve pahalıdır. Ayrıca bazı raporlar daha fazla hemolize neden olabileceğini (7) ve düşük akış hızlarında (2 L/dakikadan az) kullanıldığında eritrositler üzerinde ciddi kayma gerilimine neden olabileceğini bildirmektedir (8). Bununla beraber santrifugal pompalar, daha yüksek güvenliğe ve antikoagülasyon için daha düşük gereksinimler göstermeleri nedeniyle tercih edilirler (9). Mevcut membran oksijenatörleri içi boş fiber yapısına sahiptir. Venöz dolaşımdan gelen kan, içerisinden temizleme gazının aktığı yoğun bir lif tabakası boyunca akar. Gaz akışı bileşimi, hedeflenen solunan oksijen fraksiyonunu (FiO_2) elde etmek için bir mikser tarafından düzenlenir. Vücuttan gelen kanın ısınması için gereken cihaz, ısı işlemi yapılmış suyu, geçirgen olmayan borular yardımıyla membran oksijenatörüne iter. Isı transferi ve gaz değişiminin etkinliğini artırmak için hem su hem de süpürme gazı kan akışına ters yönde yönlendirilir. Bu vücut ısısının hassas bir şekilde düzenlenmesine olanak tanır (10).

Ekstrakorporeal Gaz Değişimi Fizyolojisi

Gazların membran oksijenatörü içerisindeki hareketi difüzyona dayanır. Oksijen, oksijenatör liflerinden kana doğru hareket ederken, kandaki fiziksel olarak çözünmüş karbondioksit, kandan liflere geçer ve süpürme gazı tarafından uzaklaştırılır (11).

Membran oksijenatörün çıkışında kanın pO_2 'si, gaz mikserinde ayarlanan FiO_2 'ye bağlı olarak 100 ile 500 mmHg arasında olmalıdır. ECMO tarafından sağlanan net oksijen dağıtımı kütle transfer denklemiyle tanımlanır. Bu denklem;

$VO_{2ECMO} = ECFB (extracorporeal \text{ blood flow}) \times (CaO_{2OUTLET} - CaO_{2INLET})$ denklemde VO_{2ECMO} , mL/dakika cinsinden ECMO devresinin oksijen taşınmasıdır. ECFB, ECMO kan akışdır. CaO_2 , tam kanın desilitresi başına mL cinsinden oksijen içeriğidir.

Denkleme göre ECMO tarafından sağlanan oksijeni artırmanın iki yolu; kan akışını artırmak ve membran akciğerin girişi ve çıkışı arasındaki oksijen içeriği farkını artırmaktır (12).

Yeterli bir venöz drenaj elde edildiği takdirde kan akışını artırmak basittir ancak akciğer membranındaki oksijen içeriği farkını artırmak kolay değildir. İlk etapta, ECMO'nun süpürme gazının FiO_2 'sini yükseltmek seçeneklerden biridir. Ancak oksijenin tam kandaki çözünürlüğü, hemoglobine (Hb) bağlanma kapasitesi nedeniyle kısıtlıdır. Bu kısıtlama oksijen içeriği denkleminde yansıtılmaktadır. Bu denklem;

$CaO_2 = 1,39 \times Hb \times Sat_{Hb} + (0,003 \times pO_2)$ denkleminde CaO_2 , tam kanın desilitresi başına mL cinsinden oksijen içeriğidir. Sat_{Hb} , fraksiyone Hb doyumluğudur (yani 0,99). pO_2 ise mmHg cinsinden kısmi oksijen basıncıdır.

Aslında kan pO_2 'sinin 100 mmHg'den 500 mmHg'ye yükseltilmesi içeriğin yalnızca 1,2 mL/dL artmasına neden olur. Hastanın optimal ihtiyacına göre kişiselleştirilmiş fizyolojik bir Hb düzeyinin sağlanması daha doğru bir yaklaşım olacaktır (12).

Kan membran oksijenatördeki oksijenasyondan sonra sistemik dolaşıma geri döner. Sağ atriyumda, ECMO'ya maruz kalmamış periferden dönen kanla karışır. Burada ECMO kan akışı ile kalp debisi (Qt) arasındaki oran önemli hale gelir ($ECBF/Qt$), çünkü karışık venöz kan bileşimi basitçe; membran oksijenatörden (yüksek O_2 içeriği) ve periferden (düşük O_2 içeriği) dönen kanın ortalamasına eşittir. Bunların toplamı toplam kalp debisine eşittir. ECMO devresinden gelen akış ne kadar yüksek ve periferden gelen akış ne kadar düşük olursa, pulmoner artere giren karışık venöz kanda elde edilen satürasyon da o kadar yüksek olacaktır.

Endikasyon ve Kontrendikasyonlar

Optimum tıbbi tedaviye dirençli, akut ve geri dönüşümlü solunum yetmezliği olan hastalarda VV ECMO düşünülmelidir. VV ECMO'nun fizyolojik endikasyonları şu şekildedir (13); hipoksemik solunum yetmezliği ($PaO_2/FiO_2 < 80$ mmHg), ciddi hiperkapnik solunum yetmezliği ($pH < 7,25$), akciğer transplantasyonuna hazırlık (transplanta köprü) veya akciğer transplantasyonu sonrası primer greft disfonksiyonu durumlarında ECMO düşünülmelidir. Bunların yanı sıra bazı özel klinik durumlar mevcuttur. Bunlar; akut solunum yetersizliği sendromu (örneğin; viral/bakteriyel pnömoni ve aspirasyon), akut eozinofilik pnömoni, alveolar veya pulmoner kanama, şiddetli astım, göğüs travması, bronkoplevral fistül şeklinde sıralanabilir (13). ECMO öncesi uzun mekanik ventilasyon süresi ECMO sonrası mortalitenin artmasıyla ilişkili olduğundan, endikasyon durumunda gecikme olmaksızın ve maksimum düzeyde ECMO uygulanmalıdır.

ECMO'nun başlatılması için bazı göreceli kontrendikasyonlar vardır. Bunlar; merkezi sinir sistemi hasarı veya kanaması, geri dönüşsüz merkezi sinir sistemi patolojisi, antikoagülasyon için kontrendikasyonlar, immünsüpresyon, mekanik ventilasyon plato basıncı > 30 cmH₂O ve $FiO_2 > \%90$ ile 7 günden fazla ventilasyon desteğinin olmasıdır (13).

Kanülasyon

Genel prensipler

VV ECMO akımları tipik kanül boyutları ile dakikada 5-6 litre LPM (LPM; litre per minute) ile sınırlıdır. Bu durumda yüksek kalp debisi olan hastalarda, ECMO drenajı doğal kalp debisine ayak uyduramaz. Bu durum çok aşamalı venöz kanül kullanılması veya ek venöz drenaj kanülünün yerleştirilmesi ile düzelebilir (14).

Temel konfigürasyon

VV için kanülasyon, hastanın venöz sisteminden kanın alınması (drenaj kanülü), bu kanın bir santrifüj pompadan ve ardından gaz değişimi için membran oksijenatörden geçirilerek kanın venöz sisteme geri dönmesini içerir (dönüş kanülü). Bu seri kanülasyon stratejisi, VA ECMO'nun paralel stratejisinin aksine bazı farklılıklar içerir. VV ECMO'da; devre akışının artırılması kan basıncını artırmayacak, ancak devreye giren kan oranını artıracığından hastadaki toplam oksijen içeriğini artıracaktır (14).

En yaygın kullanılan konfigürasyon biri internal jugular vena (IJV), diğeri ise femoral vena yerleştirilen iki kanülün perkütan yerleştirilmesidir. Burada sağ atriyum (RA)-inferior vena kava (IVC) bileşkesi drenaj kanülü olarak kullanılırken, süperior vena kava (SVC)-RA bileşkesi veya direkt RA içerisi dönüş kanülasyonu olarak kullanılabilir.

Femoral-femoral VV ECMO konfigürasyonu daha az kullanılır ve IVC-RA bileşkesinin 5-10 cm altında IVC'ye bir drenaj kanülünün ve femoral ven yoluyla RA içerisine dönüş kanülü yerleştirilerek yapılır. Bu düzenlemenin femoral-juguler kanülasyona göre daha büyük bir resirkülasyon insidansı ile ilişkili olduğu bildirilmektedir.

Alternatif bir konfigürasyon ise; sağ IJV'ye tek bir çift lümenli kanül yerleştirilmesidir. Sıklıkla kullanılan çift lümenli kanül ise Avalon (Maquet, Almanya) olarak bilinmektedir. Bu kanül, kanülün en distal kısmı IVC'de kalacak şekilde perkütan olarak sağ IJV'ye yerleştirilir. Bir lümen oksijeni giderilmiş venöz

kanı SVC ve IVC'den sırasıyla proksimal ve distal portlardan boşaltırken, dönüş lümeni oksijenli kanı triküspit kapağa doğru yönlendirir (14).

Kanül boyutu

VV ECMO için genel olarak planlanan kanülasyon bölgelerine uyan en büyük boyutlu kanüller seçilmelidir. Şiddetli solunum yetmezliği durumlarında nispeten büyük bir kanül (~29F) akış için tercih edilebilir. Bununla beraber 25 F'lik bir drenaj kanülü yeterli olmaktadır (13).

Kanülasyon yaklaşımı

VV ECMO için kanül seçimini belirleyen üç ana kanülasyon stratejisi vardır. Bunlar tek lümenli çift kanül, bikaval çift lümenli tek kanül ve bifemoral venöz kanülasyon şeklindedir (Tablo 1).

Oksijenasyon

Oksijen iletimi (DO₂)

Sistemik oksijen iletimi (DO₂); arteriyel O₂ içeriği çarpı debidir (Q) ve şu şekilde formülize edilir; (DO₂ = CaO₂ x Q). Arteriyel oksijen içeriği ise; CaO₂ = [Hb x 1,39 x arteriyel oksijen satürasyonu (SaO₂)] + (0,003 x PaO₂) şeklindedir (12,13).

Normal sistemik oksijen iletimi 600 mL/m²/dk'dir. VV ECMO'da devre, en az 240 mL/m²/dk oksijen kaynağı ve 300 mL/m²/dk sistemik oksijen dağıtımı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu denklemlere dayanarak, hedeflenen DO₂ değerlerine ulaşmak için kan akış hızı ve Hb yönetilmelidir. Örnek olarak Hb düzeyi 12 g/dL olan 80 kg'lık bir yetişkinde, bu hedeflere ulaşmak için yaklaşık 4 L/dk'lık bir ECMO akışına ihtiyaç duyulacaktır. ECMO akımı, doğal akciğer iyileşirken düşürülür ve doğal akciğer disfonksiyonu geliştiğinde ve metabolik hız artığında artırılır (13).

Akış hızı (flow)

Yeterli oksijenasyonu sağlamak için gereken minimum akış hızı, kanül boyutu, Hb konsantrasyonu ve oksijenatörün özellikleri ile belirlenir. Yetişkinlerde sistemik oksijenasyonu

Tablo 1. Kanül seçiminde önemli kriterler

Tür	Dönüş	Drenaj	Avantaj	Dezavantaj
Tek lümenli çift kanül	İnternal jugular ven yoluyla sağ atriyum (RA)	Femoral ven yoluyla inferior vena kava (IVC)		Sınırlı hasta hareketliliği
Bikaval çift lümenli tek kanül	Sağ iç jugular ven yoluyla triküspid kapak	SVC; kanül RA boyunca uzanır ve IVC içinden drene eder	Hasta hareketliliğini kolaylaştırır	Yerleştirme daha zor, serebral venöz tıkanıklık, çıkarıldıktan sonra hava embolisi olabilir
Bifemoralvenöz kanülasyon	Femoral ven yoluyla RA	Femoral ven yoluyla alt IVC		Sınırlı hasta hareketliliği

RA: Sağ atriyum, IVC: Inferior vena kava

desteklemek için gereken VV ECMO akış hızları 60–80 mL/kg/dk'dir. Ayrıca farklı kaynaklarda optimal akışın 50–100 mL/kg/dk olması gerektiği tavsiye edilmektedir. Bu akış miktarı santrifüj pompanın mekanizması gereği preload ve afterload etkisiyle değişebilmektedir (13).

Resirkülasyon

Resirkülasyon, drenaj kanülüne oksijenatör sonrası kanın dönmesi anlamına gelir. Artan venöz satürasyon ve drenaj kanül kanının renginin açılması olarak tanımlanır. Resirkülasyon hastaya giden kan miktarını azaltır. Femoral ve IJV pozisyonlarında tek lümenli çift kanülasyonda daha sık görülmektedir. Artan VV ECMO debisi ile sistemik satürasyonda paradoksal bir azalma durumunda resirkülasyondan şüphelenilmelidir. Bu durumda toplam akış artmış olsa da, resirkülasyon fraksiyonu da artmış ve ECMO devresinden vücuda dönen oksijenli kan miktarında net bir azalma gerçekleşmiştir (13,14).

Hipoksemi

ECMO'da hipoksemnin birçok nedeni olabilir. Artan metabolik talep, oksijen kullanımını artıracak ve sistemik satürasyonu azaltacaktır. Sepsis, ateş, ajitasyon, hareket ve titreme gibi yüksek oksijen kullanımının (VO_2) yaygın nedenleri göz önünde bulundurulmalıdır. Hipoksemnin diğer tüm nedenleri ve tedavileri denendikten sonra oksijen kullanımını azaltmak için hafif hipotermi uygulanabilir. Yeterli oksijen iletiminin tahmininde oksijen iletiminin, oksijen kullanımına oranı kullanılmaktadır (DO_2/VO_2). Normal DO_2/VO_2 değeri 5:1 şeklindedir ve kesinlikle 2:1 oranının üzerinde olmalıdır (13).

CO₂ uzaklaştırma

Gaz değişimi oksijenatör yoluyla gerçekleştirilir ve CO₂'nin uzaklaştırılması gaz akış oranı ile kontrol edilir; CO₂ süpürme gazı akışının artırılması ile uzaklaştırma artar. ECMO'nun başlatılması ile 2 LPM süpürme gazı ve 2 LPM kan akış hızları kontrollü bir şekilde PaCO₂ ve pH'ı modüle edecektir. CO₂'nin hızlı bir şekilde düşürülmesinin nörolojik hasara yol açabileceği unutulmamalıdır (13).

VV ECMO Sırasında Hasta Yönetimi

Hemodinamik takip

VV ECMO doğrudan hemodinamik destek sağlamamakla beraber sistemin pH, pO₂ ve pCO₂'yi optimize etmesi yoluyla dolaylı olarak hemodinamik destek sağlamaktadır. ECMO takibinde santral venöz erişim ve radial arterden kan basıncı izlenmesi gereklidir. ECMO sırasında inotrop ve vazopressörler standart sirkülasyon hedeflerine ulaşmak için kullanılmaktadır. Bu hedefler; ortalama arter basıncı ≥ 65 mm Hg, kardiyak indeks $>2,2$ L/dk/m², normal bir laktat düzeyi olarak sınıflandırılabilir (13,15).

ECMO devresine maruziyetten dolayı sistemik enflamatuvar yanıtın veya kanülasyon sırasında komplikasyonların neden olduğu kanamaya bağlı hipovolemi oluşabilir. Bu durum hipotansiyona ve ECMO debisinde bozulmaya neden olur. Bu tabloyu düzeltmek için replase edilecek kristalloid, kolloid veya kan transfüzyonu ile ilgili kararlar hastaya özel olmalıdır (13).

VV ECMO'da stabilizasyon sağlandıktan sonra vazoaaktif destek önemli ölçüde azaltılabilir. Hemodinamik hedefler günlük olarak gözden geçirilmeli ve gerekirse ayarlanmalıdır. Kapiller sızıntıyı önlemek ve akciğer fonksiyonunu iyileştirmek için kritik hastalığın akut fazından sonra kısıtlayıcı volüm replasmanı yaklaşımı uygulanabilir. Hb eşiği net olmamakla beraber en az >7 g/dL'lik Hb düzeyi doku oksijenasyonunu optimize etmek için sağlanmalıdır (13).

Ventilatör yönetimi

VV ECMO sırasında akciğer korumasının temel ilkesi, gaz değişimi esas olarak ekstrakorporeal devre ile sağlandığından dolayı ventilatör ayarlarının, ventilatör kaynaklı akciğer hasarını önlemek için seçilmesi gerekliliğidir. Bunun için yapılan klinik araştırmalarda elde edilen verilere göre VV ECMO'da ventilatör ayarları; basınç kontrollü ventilasyon, PEEP ≥ 10 cm H₂O, solunum sayısı 10–30 dk/soluk, FiO₂ 0,3–0,5, tepe basıncı ≤ 24 cm H₂O şeklinde düzenlenmesinde fayda vardır (13,15).

Sıvı yönetimi

ECMO devresinin gaz değişimi sağlama yeteneği, oksijenatörden geçen kan akışına bağlıdır. Kısa süreliğine resirkülasyonu göz ardı etmek, oksijenatörün nominal akışını sağlamak için ECMO sırasında kan akışını artırmak, sistemik oksijen iletimini artırır. Bu durum pratikte birçok hastanın VV ECMO başlatılmasından sonra sıvı resüsitasyonuna ihtiyaç duyduğu anlamına gelir. Bununla beraber ECMO'nun ilk resüsitatif fazından sonra hastaların kuru ağırlıklarına ulaşana kadar mümkün olduğunca negatif sıvı dengesi elde etmeleri gereklidir (13).

Antikoagülasyon

ECMO için varsayılan antikoagülan heparindir. Antikoagülasyon için farklı yöntemler kullanılabilir; aktive kapanma zamanı 160–220, aktive parsiyel tromboplastin zamanı 50–80, en güvenilir olan faktör Xa (faktör 10a) düzeyi 0,3 ile 0,7 u/mL arasındaki seviyeler yeterli kabul edilir (13,15).

VV ECMO'dan Ayırma

Hastanın klinik durumuna bağlı olarak ayırma birkaç saatten birkaç güne kadar olabileceği unutulmamalıdır. ECMO'dan ayırmayı başlatmak için oksijenasyon değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir (13).

Tablo 2. ECMO'dan ayırmayı başlatmak için oksijenasyon değerleri

	Entübe hastalar	Ekstübe hastalar
Oksijenasyon	<ul style="list-style-type: none"> • $FiO_2 < \%60$ • $PEEP \leq 10$ cm H_2O • $PaO_2 \geq 70$ mmHg • Tidal volüm ≤ 6 mL/kg • Tepe basıncı ≤ 28 cm H_2O • Solunum hızı ≤ 28 bpm • Normal AKG değerleri 	<ul style="list-style-type: none"> • $PaO_2 \geq 70$ mmHg • 6 L altı nazal O_2 desteği

AKG: Arteriyel kan gazı, ECMO: Ekstrakorporeal membran oksijenasyon, FiO_2 : Fraction of inspired oxygen (solunan havanın oksijen fraksiyonu), PEEP: Positive end expiratory pressure (pozitif ekspirasyon sonu basıncı), PaO_2 : Partial arterial oxygene pressure (arteriyel oksijenin kısmi basıncı), Bpm: Breaths per minute (dakikadaki soluk sayısı)

ECMO'dan ayırmada kan akımını koruyarak gaz akımını azaltma yaklaşımı

FiO_2 'de $\%20$ 'lik azalışlarla 1,0'dan 0,21'e düşürme, kabul edilebilir periferik oksijen satürasyonu (SpO_2) değeri $> \%92$ ya da PaO_2 en az ≥ 70 mmHg, normal arteriyel kan gazı (AKG) değerleri elde etme.

Süpürme gazını düşürme

1 L/dk hedefine ulaşmak için süpürme gazı akış hızında 0,5-1 L/dk'lik kademeli azalma, süpürme gazındaki her azalmada AKG kontrolü, hasta tolere edebiliyorsa süpürge gazının 2-3 saat veya daha fazla süre ile kapalı durumda takip edilmesi, SpO_2 izlenmesi ve planlanan süre boyunca AKG kontrolü yapılması.

Dekanülasyona hazırlık

Dekanülasyon yapacak kişinin bilgilendirilmesi, kapalı süpürme gazı sonrası $PaO_2 > \%70$ mmHg'nin onaylanması, aşırı hemoraji ihtimaline karşı kan ürünlerinin hazır bulundurulması, hastaya sedasyon durumuna göre gerekirse sedasyonun hazır olması, dekanülasyondan 1 saat önce heparinin kesilmesi, jugular ven kanülasyonu ise trendelenburg pozisyonu, dekanülasyon sonrası kanama ve 24 saat sonra derin ven trombozu kontrolü yapılması dekanülasyon için uygun şartlardır (13).

Sonuç

Akciğer hastalığının geri döndürülebilirliğine dayalı hasta seçimi, ECMO'nun zamanında ve bilinçli bir şekilde uygulanması ve optimum takibi, tedavi sırasında ve sonrasında sağkalımı artırmaktadır. ECMO tedavisinden önce risklerin, komplikasyonların, uzun vadeli sonuçların ve kaynakların dikkate alınması ve tartışılması gereklidir. Bununla beraber yıllık ECMO hacmi yüksek merkezlerde daha düşük mortalite oranı tespit edilmiştir (16). ECMO konusunda uzmanlaşmış personelin bulunduğu yüksek hacimli merkezlerde ECMO protokollerinin

geliştirilmesi, kaynak kullanımı ve sonuçların optimizasyonu açısından önem arz etmektedir.

Etik

Yazarlık Katkıları

Konsept: S.G., Dizayn: D.D., Veri Toplama veya İşleme: S.G., D.D., Analiz veya Yorumlama: S.G., D.D., Literatür Arama: S.G., D.D., Yazan: S.G., D.D.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek alınmadığı bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, Dontigny L, Bramson ML, Osborn JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung. *N Engl J Med* 1972;286(12):629-634.
- Bartlett RH, Gazzaniga AB, Fong SW, Burns NE. Prolonged extracorporeal cardiopulmonary support in man. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1974;68(6):918-932.
- Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR, Huxtable RF, Haiduc NJ, Fong SW. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1976;22:80-93.
- Bartlett RH. Esperanza: The First Neonatal ECMO Patient. *ASAIO J* 2017;63(6):832-843.
- Toomasian JM, Snedecor SM, Cornell RG, Cilley RE, Bartlett RH. National experience with extracorporeal membrane oxygenation for newborn respiratory failure. Data from 715 cases. *ASAIO Trans* 1988;34(2):140-147.
- Bartlett RH. Clinical Research in Acute Fatal Illness: Lessons From Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Intensive Care Med* 2016;31(7):456-465.
- Barrett CS, Jagers JJ, Cook EF, Graham DA, Rajagopal SK, Almond CS, et al. Outcomes of neonates undergoing extracorporeal membrane oxygenation support using centrifugal versus roller blood pumps. *Ann Thorac Surg* 2012;94(5):1635-1641.
- Gross-Hardt S, Hesselmann F, Arens J, Steineseifer U, Vercaemst L, Windisch W, et al. Low-flow assessment of current ECMO/ECCO2R rotary blood pumps and the potential effect on hemocompatibility. *Crit Care* 2019;23(1):348.
- Extracorporeal Life Support Organization: The physiology of extracorporeal life support, Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book, 5th edition. Edited by Brogan TV, Lequier L, Peek G 2017:31-47. <https://dokumen.pub/qdownload/extracorporeal-life-support-9811992746-9789811992742.html>
- Hilmo J, Naesheim T, Gilbert M. "Nobody is dead until warm and dead": prolonged resuscitation is warranted in arrested hypothermic victims also in remote areas--a retrospective study from northern Norway. *Resuscitation* 2014;85(9):1204-1211.
- Moerer O, Vasques F, Duscio E, Cipulli F, Romitti F, Gattinoni L, et al. Extracorporeal Gas Exchange. *Crit Care Clin* 2018;34(3):413-422.
- Quintel M, Bartlett RH, Grocott MPW, Combes A, Ranieri MV, Baiocchi M, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Respiratory Failure. *Anesthesiology* 2020;132(5):1257-1276.
- Tonna JE, Abrams D, Brodie D, Greenwood JC, Rubio Mateo-Sidron JA, Usman A, et al. Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). *ASAIO J* 2021;67(6):601-610.

14. Jayaraman AL, Cormican D, Shah P, Ramakrishna H. Cannulation strategies in adult veno-arterial and veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: Techniques, limitations, and special considerations. *Ann Card Anaesth* 2017;20(Supplement):S11-S18.
15. Sen A, Callisen HE, Alwardt CM, Larson JS, Lowell AA, Libricz SL, et al. Adult venovenous extracorporeal membrane oxygenation for severe respiratory failure: Current status and future perspectives. *Ann Card Anaesth* 2016;19(1):97-111.
16. Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, Paden ML, Bartlett RH, Davis MM, et al. Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Am J Respir Crit Care Med* 2015;191(8):894-901.