

ECMO İÇİN YENİ ENDİKASYONLAR: PULMONER EMBOLİ, PULMONER HİPERTANSİYON, SEPTİK ŞOK VE TRAVMA

9. BÖLÜM

Dr. Kazım ROLLAS

Ekstrakorporeal membran oksijenasyon (ECMO), 1970'lerden beri konvansiyonel tedavilere cevap vermeyen şiddetli kalp ve akciğer yetmezliğinde seçilmiş hastalarda kullanılmaktadır¹. ECMO, kalp ve/veya akciğer fonksiyonunu desteklemek için mekanik cihazların kullanılmasıdır. ECMO tarafından desteklenen dolaşım ve solunumla, hasta organlar tedavi edilirken veya nakil için beklerken kalp ve akciğere hasar veren tedaviler (örn. vazopresörler, yüksek ventilatör basınç ayarları) azaltılabilir veya durdurulabilir. Bu bölümde pulmoner emboli, pulmoner hipertansiyon, septik şok ve travma durumlarında ECMO kullanımı üzerinde durulacaktır.

9.1 Akut Pulmoner Emboli ve ECMO

Pulmoner emboli (PE), tedavi edilmediğinde mortalite oranı yüksek bir hastalıktır. Yüksek riskli akut PE, akut sağ ventrikül yetmezliği ve kardiyojenik şok ile birlikte dir². Avrupa Kardioloji Derneği ve Avrupa Solunum Derneği kılavuzlarına göre yüksek riskli PE için hemodinamik instabilite kriterleri: kardiyak arrest veya obstrüktif şok (uygun sıvı resusitasyonuna rağmen end-organ hipoperfüzyonu ile birlikte olan sistolik kan basıncı <90mmHg,) veya sürekli hipotansiyon (aritmî, hipovolemi veya sepsise bağılı olmayan en az 15 dakika 40 mmHg'den fazla sistolik kan basıncı düşüşü) olarak tanımlanır².

Pulmoner arter yatağının toplam kesit alanının azalmasına yol açan pulmoner arter tıkanıklığı ve vazoaaktif madde (serotonin, tromboksan A2) salınması akut pulmoner hipertansiyona neden olur³. Bu aşırı basınç yükü, sağ koroner iskemi, sağ ventrikül dilatasyonu ve yetmezliğine neden olur. Akut şiddetli PE'de sağ ventrikül dilatasyonu, sistemik hipotansiyona ve sonuçta ciddi hemodinamik instabiliteye yol açan paradoksal interventriküler septal şişte yol açar⁴. Düşük kardiyak debi, ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğuna neden olarak hipoksemi ile sonuçlanır⁵. Terapötik seçenekler arasında trombolitik tedavi bulunmaktadır². Bu, yüksek riskli akut PE için kabul edilebilir bir kanama komplikasyonu riski olan bir seçimdir. Sistemik tromboliz kontrendikasyonları varlığında veya trombolizden sonra devam eden instabilite durumunda, cerrahi embolektomi ve kateter bazlı teknikler düşünölmelidir².

ECMO kullanımı, ciddi kardiyojenik şok, önceki kardiyak arrest, şiddetli asidoz veya tedavi edilemeyen hipoksemi durumlarında klinik stabilite sağılayan potansiyel olarak hayat kurtarıcı bir terapötik seçenektir^{5,6}.

Veno-venöz yaklaşım, oksijenasyonu iyileştirebilir ancak sağ ventrikül yükünü düşürmez, bu nedenle bu hasta grubu için uygun olmayabilir. Veno-arteriyel ECMO (VA ECMO) kullanılması mantığı, bir venoarteriyel konfigürasyon kullanarak, pulmoner yatağı atlayarak kanı sağdan sola dolaşıma yönlendirmek, böylece pulmoner arter kan basıncı yükünü hafifletmek ve aynı zamanda sol taraftaki basınçları artırarak akut masif PE'de sağ ventrikül yetmezliğine destek sağlamaktır⁷. VA-ECMO, akut olarak artan sağ atrium ve ventrikül boşluğundaki yükü azaltarak, "ventriküler interdependence" a bağlı sol ventrikül outputunu iyileştirir⁸. Hemodinamik durum bu şekilde stabilize edilmeye çalışılır. Hipoksemide iyileşme ve organ oksijenizasyonu sağlanarak, pıhtı çözülene kadar terapötik antikoagüasyon veya girişimlere zaman ve olanak sağlanır⁸.

Avrupa Kardiyoloji Derneği ve Avrupa Solunum Derneği kılavuzlarında ECMO'nun, masif pulmoner embolide, cerrahi embolektomi veya kateter tedavisi ile birlikte, refrakter dolaşım kollapsı veya kardiyak arrest durumlarında düşünülebileceği (klas IIB) belirtilmiştir².

Pulmoner embolide VA-ECMO en sık femoral kanülasyon ile uygulanmaktadır⁹. Pıhtı çözülene kadar, heparinizasyon veya kesin tedaviye kadar tam kardiyorespiratuar destek sağlanmaktadır⁹.

Kritik hastaların sağkalımı vaka serilerinde belirlense de, bugüne kadar ECMO'nun etkinliğini ve güvenliğini test eden randomize kontrollü çalışma yapılmamıştır^{2 10-14}.

Faktör V Leiden hastalığı, antifosfolipid sendromu ve malignite durumları gibi hiperkoagülabilité bozuklukları olmadığında, trombüsün otolizinin beş gün içinde mümkün olduğu gösterilmiştir¹⁵. Ancak, günümüzde ECMO'nun kesin tedavi olmaksızın sürekli efektif heparinizasyon ile birlikte tek başına kullanımı (stand-alone) tartışmalıdır^{2 10 11 14} ve cerrahi embolektomi gibi ek tedaviler ile birlikte düşünülmelidir.

Bazı serilerde ayrıca, akut PE'nin neden olduğu şok hastalarında sol ventrikül ve aorta arasına yerleştirilen ve sadece pompa fonksiyonu gören özellikli kateter (ImpellaVR kateter) kullanımı ile iyi sonuçlar belirten birkaç vaka da bildirilmiştir^{2 16 17}.

Yüksek riskli PE'li seçilmiş hastalar için ECMO, sonuçları ümit vericidir. Kardiyak arrest ile başvuran hastaların sağkalımı %29 - %51 arasında değişmektedir^{18 19}.

Kardiyopulmoner resusitasyon sırasında ECMO, Avrupa Resusitasyon Kılavuzunda, başlangıçta ileri yaşam destek önlemlerinin başarısız olduğu durumlarda, spesifik müdahalelere olanak sağladığı için bir kurtarma tedavisi olarak kabul edilmiştir²⁰. Bu temelde, masif pulmoner emboli nedeniyle kardiyopulmoner arrest gelişmesi durumunda, ECMO kullanımı, girişimsel veya cerrahi müdahalelere zaman ve olanak sağlayabilir.

Yüksek riskli PE'de ECMO kullanımının en büyük komplikasyonu masif kanamadır ve sistemik tromboliz, karaciğer şokuna bağlı pıhtılaşmada değişiklikleri ve yaygın damar içi koagülopatiyi indükleyen kontrolsüz fibrinolizin bir sonucu olarak ortaya çıkabilir⁹.

Sonuç olarak, hızlı implante edilmiş bir ECMO destek sistemi, yüksek riskli akut PE oluşumunda hayat kurtarıcı bir tedavi olabilir. Bu terapötik stratejinin riskleri nedeniyle, morbidite ve mortalite riski çok yüksek olan hasta kategorisinde kullanılması gerekmektedir.

9.2 Pulmoner Hipertansiyon ve ECMO

Akut dekompanse pulmoner hipertansiyonda, ekstrakorporeal yaşam desteği refrakter sağ kalp yetmezliğinin tedavisinde önemli bir ilerlemedir²¹⁻²². Bu hastalarda ECMO kullanımıyla ilgili iki durum söz konusudur: medikal tedaviyle iyileşmeye kadar geçici destek ve transplantasyona kadar geçici destek²¹. Vakaların büyük çoğunluğunda, ECMO acil nakile kadar geçici köprü tedavi olarak kullanılmaktadır²². İyileşmeye kadar geçici olarak kullanılan istisnai ECMO vakaları da bildirilmiştir²³⁻²⁵. İyileşmeye kadar geçici destek kavramıyla ilgili daha az veri olmakla birlikte, ECMO'nun, transplantasyona kadar geçici destek olarak başarılı kullanımına ilişkin de az veri vardır²³⁻²⁵. Şiddetli PAH bağlamında ECMO, tercihen şiddetli pulmoner hipertansiyonun yönetimi konusunda deneyime sahip uzman bir merkezde yapılmalıdır²¹⁻²². Potansiyel olarak ciddi komplikasyonlar nedeniyle, bu mekanik dolaşım desteğinin kullanımı sadece akciğer nakli için köprü tedavisi olarak ölüm riski yüksek olan seçilmiş hastalar için düşünülmelidir²². Uygulamada, bu cihazlar sadece katekolamin desteği ve PAH'ın optimal spesifik tıbbi tedavisi dahil olmak üzere optimal tıbbi tedaviye dirençli sağ kalp yetmezliği durumunda ve bir akciğer veya kalp-akciğer nakli onayladıktan sonra başlatılmalıdır²². ECMO ile transplantasyona kadar beklenen pulmoner hipertansiyon olguları bildirilmiş ve bu agresif yönetimin bekleme süresi mortalitesini azaltmada önemli bir etkisinin olabileceği öne sürülmüştür²⁶.

Veno-venöz yaklaşım, oksijenasyonu iyileştirebilir ancak sağ ventrikül yükünü düşürmez, bu nedenle bu hasta grubu için uygun değildir. VA- ECMO, dekompanse PAH'da en sık kullanılan destek sistemidir. Venöz ve arteriyel kanüller yoğun bakım ünitesinde lokal anestezi altında femoral ven ve artere takılabilir²². VA-ECMO sağ ventrikül sonrası yükte azalmaya yol açar ve sistemik arter basınçta iyileşme sağlayarak organ perfüzyonunu iyileştirir. ECMO'nun en büyük komplikasyonları kanama riski, alt ekstremitte iskemisidir²². Bu nedenlerden dolayı, ECMO kapsamındaki zaman optimize edilmeli ve sistematik olarak acil nakil planıyla veya sağ ventrikül fonksiyonunun hızlı bir şekilde toparlanması planıyla birleştirilmelidir²¹⁻²².

Pulmoner hipertansiyonda akciğer transplantasyonu, primer greft disfonksiyonu riski ile ilişkilidir²⁷⁻²⁸. Pulmoner hipertansiyonda akciğer transplantasyonu sonrası seçilmiş hastalarda 48-72 saatlik primer greft disfonksiyonu döneminin sonuna kadar (yani iskemi-reperfüzyon akciğer yaralanmaları) ECMO kullanımı önerilmiştir²⁷⁻²⁸.

Bu yazının konusu olmamakla birlikte, alternatif bir yaklaşım olarak, pulmoner dolaşımda pompasız bir aygıt (lung assist Novalung (Novalung GmbH, Hechingen, Germany)) kullanılması da söz konusudur²⁹.

Venöz venöz ekstrakorporeal CO2 removal (ECCO2R) karbondioksit seviyesini kontrol etmek için kullanılan cihazdır. Bu yöntem akut respiratuar distres sendromu, ciddi astma, KOAH alevlenme gibi durumlarda klinik düzelme sağlanana kadar hiperkapninin ciddi etkilerini ortadan kaldırmak için uygulanabilmektedir³⁰⁻³². Bununla birlikte ciddi hiperkapnisi olan akciğer transplant adaylarında geçici köprü tedavi olarak kullanılabilir³³. Ayrıca, ECCO2R, şiddetli KOAH'ın akut alevlenmesinde pulmoner hipertansiyonda iyileşme sağlar³⁴.

9.3 Travma ve ECMO

Travmatik akciğer ve göğüs yaralanmalarının çoğu ECMO olmadan tedavi edilebilir. Bununla birlikte, travmada ECMO erken stabilizasyon sağlanmasına yardımcı olabilir. Hasar kontrol ameliyatı ve organ/vasküler yapı onarımı gibi hayat kurtarıcı müdahaleler için zaman kazandırabilir³⁵.

Travma sonrası acil resüsitasyon, ölüm üçlüsü olarak bilinen “koagülopati, asidoz, hipotermi” tedavisini içerir³⁶. Hipotermi, metabolik asidoz ve koagülopati, alta yatan ciddi yaralanmalardan dolayı ortaya çıkan kanamayı ve hipoksemiye kötüleştirir. Büyük travma hastalarında travma sonrası dönemde sistemik inflamatuvar yanıt sendromu görülür ve hemodinamik instabilite gelişebilir^{37 38}. ECMO akciğer parankim hasarı ve / veya kanaması olan hastalarda oksijenasyonu artırır, hiperkarbiyi düzeltebilir, metabolik asidozu iyileştirebilir, hemodinamiği düzeltmeye yardımcı olabilir ve hipotermi durumunda hastaları yeniden ısıtılabilir³⁵.

Göğüs travmalarında, yaralanmanın künt kuvveti tipik olarak bir pulmoner kontüzyon üretir ve ciddi solunum yetmezliğine neden olabilir. ELSO rehberlerine göre, mekanik ventilatörde olan hastada PaO_2 / FiO_2 (P / F) oranı <150 olduğunda ECMO kullanımı düşünülmelidir, oran < 80 olduğunda ise kesin endikedir³⁵. Mekanik ventilatördeki hastada $PaCO_2 > 80$ mmHg veya end-inspiratuvar plato basıncı >30 cm H_2O olması ECMO için endikasyon olarak kabul edilir³⁵.

Travma hastalarında veno-venöz ECMO (VV ECMO), aşağıdaki durumlarda düşünülmelidir³⁵:

1. Travma sonrası akciğer yetmezliğine bağlı akut şiddetli solunum yetmezliği (gaz değişimindeki bozukluklar, şiddetli künt travma, kontüzyon ve sıvı transfüzyonuyla ilgili);
2. İnhalasyon hasarı ve toksik akciğer yetmezliği;
3. Akciğer dokusunun doğrudan hasar görmesi;
4. Yetersiz gaz değişimine neden olan trakeal veya bronş ağacının yaralanması.

Travmatik trakea-bronşiyal ve plevral yaralanmalar fistül oluşumuna yol açar ve yüksek mortalite ve morbidite ile ilişkilidir (%60-%70)³⁹. Trakeobronşiyal ağaçta hasar olması durumunda, derin hipoventilasyon meydana gelebilir, bu durumda ECMO kanülasyonu hayat kurtarıcıdır ve daha ileri tedavilere olanak sağlayan geçici bir köprü işlevi yapar⁴⁰.

ECMO, kutanöz yanıklar olan veya olmayan inhalasyon hasarında akciğer iyileşmesi için zaman sağlar⁴¹. ECMO kanülasyonu endikasyonları arasında kardiyojenik şok veya kardiyak arrest de bulunmaktadır (miyokardiyal kontüzyon, kardiyak arrest ve kardiyak out-putta bozukluklar)³⁵. Durumun faydasız (örneğin düzeltilemez nörolojik hasar) ve yaşamla uyumsuz görünmesi durumunda ise ECMO hiçbir fayda sağlamaz³⁵.

Akciğer yetmezliğinin gelişimi, travmatik beyin hasarı olan hastaların seyrini zorlaştırır. Her ikisi için de özel terapötik stratejiler “çıkar çatışmasına” yol açabilir (akciğer koruyucu stratejide izin verilen hiperkapni ve nöroprotektif normokapni stratejisi)^{42 43}.

Var olan travmatik beyin hasarı ECMO için kontrendikasyon olarak kabul edilse de beyin hasarının mutlak bir kontrendikasyon olduğu konusu tartışmalıdır³⁵. ECMO sırasında uygulanan heparinizasyon ile oluşabilecek ölümcül intraserebral kanama riski de göz önüne alınmalıdır. Heparin içermeyen bir ECMO yönetimi yapılabilir⁴⁴. Şiddetli beyin hasarı durumunda, organ bağışının bir seçenek olması durumunda ECMO, organ koruyucu destek olarak kullanılmıştır⁴⁵.

Multi-travma tedavisinde karar verme, ECMO uzmanı, yoğun bakımçı, travma cerrahı, genel cerrah, beyin cerrahı, kardiyotorasik cerrah, ortopedik cerrah, anestezi uzmanı ve hasta bakımına katılan diğer doktorlar arasında disiplinlerarası bir konsensüs gerektirir³⁵. ECMO için ciddi akut solunum yetmezliği ve/veya trakeobronşiyal yaralanmaya neden olan travmalar, suya dalış travmaları, inhalasyon travması, yanıklar, trakeal veya bronşiyal obstrüksiyona neden olan travma hastalarında ECMO düşünülebilir³⁵. Ek olarak, yetersiz dolaşım (kardiyojenik şok veya kardiyak arrest) veya hemorajik şokla sonuçlanan akut travmatik kalp yetmezliği (miyokardiyal kontüzyon ve rüptür) olan hastalar da ECMO için değerlendirilmelidir³⁵.

9.4 Septik Şok ve ECMO

Sepsisli hastalarda, refrakter hipoksemi durumunda ECMO gibi alternatif stratejiler deneyimli merkezlerde kurtarma tedavisi olarak düşünülebilir⁴⁶.

Sepsis, dünya çapında mortalite ve morbiditenin önde gelen nedenlerinden biridir. Yetişkin hastalarda sepsisin üçüncü uluslararası konsensüs tanımı: “enfeksiyona karşı düzensiz bir konak yanıtının neden olduğu hayatı tehdit eden organ işlev bozukluğu” olarak güncellenmiştir⁴⁶. Septik şok, sıvı resüsitasyonuna rağmen ortalama arteriyel basıncı 65 mmHg’nin üzerinde tutmak için vazopresör gereksinimi olan kalıcı hipotansiyon ve 2 mmol / L’nin üzerinde bir serum laktat seviyesi ile ilişkili enfeksiyon olarak tanımlanır⁴⁶. Refrakter septik şokun “American College of Critical Care Medicine” e göre tanımı: inotropoların, vazopresörlerin, vazodilatörlerin hedefe yönelik kullanımı ve metabolik, hormonal homeostazın sürdürülmesine rağmen devam eden şok durumudur⁴⁷. “American College of Critical Care Medicine” rehberlerine göre, ECMO çocuklarda refrakter septik şok durumunda düşünülmelidir, ancak hayatta kalma oranlarını %50’den daha yüksek olmayacağı öngörülmektedir^{47 48}. Yetişkin hastalar için karşılaştırılabilir bir kılavuz bulunmamaktadır⁴⁸.

ECMO, aşağıdaki durumlarda sepsisli hastaları desteklemek için kullanılabilir⁴⁸:

1. Akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS)
2. Sağ kalp yetmezliği
3. Sol kalp yetmezliği ve / veya
4. Kombine kardiyojenik ve dağılımsal şok

PNömoni veya sepsis kaynaklı ARDS genellikle önemli dolaşım bozukluğu olmadan ortaya çıkar, bu durumda ECMO için endikasyonlar ve kanülasyon stratejileri hipoksik solunum yetmezliğinin diğer nedenleri ile benzerdir⁴⁸. Bu hastaların bazıları, şiddetli hipoksi, hi-

perkapni, pulmoner hipertansiyon veya sağ kalp fonksiyon bozukluğu gibi birçok faktörün neden olduğu hipotansiyona sahip olabilir. Bununla birlikte, bu ikincil kardiyovasküler etkiler; ECMO ile oksijenasyonizasyon, asit-baz dengesi, karbondioksit değerlerinin düzeltilmesi ile önemli ölçüde iyileşebilir⁴⁸. Pediatrik septik şokta, ECMO endikasyonu daha açıktır: şok refrakter olduğunda ve ventilasyon, sıvı, farmakolojik ve hastalığı modifiye edici tedaviye yönelik tüm girişimlere rağmen ilerlemeye devam ettiğinde veya kardiyak arrest durumunda kullanılması kabul edilmiştir⁴⁸. Yetişkin septik şok için ECMO verileri gittikçe artmaktadır, sağkalım oranı %15-70 arasında değişmektedir⁴⁹⁻⁵². Yetişkin septik hastalarda, dağılımsal şoku olan hastalarda, septik şoka bağlı kardiyak arrest geçiren hastalarda ve 60 yaşından büyük hastalarda, periferik VA ECMO kullanımı ile daha kötü sonuçlar görülmüştür⁴⁹⁻⁵¹. Dağılımsal şok ile başvuran yetişkinlerde progresif sol ventrikül disfonksiyonu geliştiğinde kardiyak arrest gerçekleşmeden kullanıldığında VA ECMO ile olumlu bildirimler de yapılmıştır⁵². Bununla birlikte, ECMO uygulanması gereken kesin kriterler prospektif çalışmaya konu olmamıştır ve klinisyenler klinik deneyimlerine göre karar vermektedirler.

Önceden var olan ciddi nörolojik disfonksiyon veya tedavi edilemez malignite gibi ECMO'ya yönelik standart kontrendikasyonlar septik hastalarda da geçerlidir⁵³. Onkoloji hastaları ECMO için çoğu zaman uygun değildir, bunun istisnası allojenik kemik iliği nakli alıcılarıdır⁴⁸. Nötropeni kontrendikasyon değildir⁴⁸.

ECMO kanülasyonu stratejisi, hemodinamik şok paterni ile belirlenir. Şok özellikle ileri değilse, sağ kalp yetmezliği ve eşlik eden solunum yetmezliği olanlar VV-ECMO ile desteklenebilir⁴⁸. Aksi takdirde veya ileri sol kalp yetmezliğinde periferik VA ECMO veya santal ECMO kullanılabilir⁴⁸.

VA- ECMO'da dolaşım yetmezliği olan hastalar için ECMO'nun amacı, akciğerlere veya kalbe zarar vermeden iyileşmeyi beklerken organ kan akışını geri kazandırılması ve yeterli doku oksijenlenmesini sağlanmasıdır. ECMO'da kardiyak debiyi artırmak için inotropar desteği artırmak yerine, devre akışları yeterli oksijen iletimi sağlamak için titre edilmelidir⁴⁸. Laktatın hızlı normalleşmesini, SvO₂>%70 olması ve yaşa uygun ortalama arter basınçlarının sağlanması hedeflenir⁴⁸.

Septik hastalarda yaygın damar içi pıhtılaşma (DİK) görülebilir. ECMO devresinin bazı kısımlarında veya damarlarda trombüs oluşabilirken, diğer bölgelerden aşırı kanama meydana gelebilir. DİK, kan ürünleri ile agresif olarak tedavi edilmeli, heparin uygun aktive pıhtılaşma sürelerine (ACT), aktive parsiyel tromboplastin sürelerine (APTT) veya anti-Xa seviyelerine göre titre edilmelidir. Taze dondurulmuş plazma (INR < 1.3-1.5 hedefleyerek), kriyopresipitat (fibrinojen> 2.5 g / L hedefleyerek) ve trombositler (> 100 x 10⁹ / L hedefleyerek) agresif kan ürünü desteği gerekebilir. Septik süreçle tetiklenen dolaşımdaki prokoagülanlar nedeniyle minimum 10 U heparin/kg/saat devam etmelidir⁴⁸. Özellikle DİK ve kanama vakalarında, tromboelastografi kugülopatinin belirlenip hedefe yönelik düzeltilmesinde kullanılabilir.

Diğer ekstrakorporeal yaşam desteği yöntemlerinin sepsiste enflamatuvar markerları uzaklaştırmak veya bağışıklığı modüle etmek için kullanımı rolü tartışmalıdır. Ekstra-

korporeal kan pürifikasyonu (EBP) olarak sınıflandırılan bu teknikler arasında sürekli renal replasman tedavisi (CRRT), plazmaferez, plazma değişimi ve hemoperfüzyon bulunmaktadır⁵⁴. Hastada böbrek yetmezliği veya sıvı aşırı yüklenmesi durumunda, CRRT ECMO'daki septik hastalarda kullanılmaktadır. Plazma değişimi ve plazmaferez, polimiksin B hemoperfüzyon kullanımı ile ilgili çalışmalarda umut vaat etmiştir, ancak yine de standart tedavi olarak düşünülemez⁵⁵⁻⁵⁸.

Septik şoklu hastaların genelde, başarı durumunda, 3-4 günden fazla ECMO'ya ihtiyaç duymadığı belirtilmektedir⁴⁸.

Yetişkin septik hastalıkta, dağılımsal şok durumunda periferik ECMO'nun büyük olasılıkla yetersiz olduğunu göstermiştir, ancak bazen genç erişkinlerde görülen şiddetli sepsis kaynaklı kardiyojenik şok için periferik ECMO'nun kullanımı yarar sağlayabilir. İzole bazı yetişkin olgularda santral ECMO'nun, dağılımsal şok varlığında kullanıldığında başarılı olduğu bildirilmiştir, ancak kullanımı nadirdir^{48 59}.

İpuçları

- ❖ VA ECMO, pulmoner emboli hastasında ciddi kardiyojenik şok, tedavi edilemeyen hipoksemi gelişmesi durumlarında klinik stabilite sağlayan potansiyel olarak hayat kurtarıcı bir terapötik seçenektir.
- ❖ Şiddetli PAH bağlamında VA ECMO, tercihen şiddetli pulmoner hipertansiyonun yönetimi konusunda deneyime sahip uzman bir merkezde, potansiyel olarak ciddi komplikasyonlar nedeniyle, akciğer nakli için köprü tedavisi olarak ölüm riski yüksek olan seçilmiş hastalar için düşünülmelidir.
- ❖ ECMO akciğer parankim hasarı ve/veya kanaması olan hastalarda oksijenasyonu artırır, hiperkarbiyi düzeltebilir, metabolik asidozu iyileştirebilir, hemodinamiği düzeltmeye yardımcı olabilir.
- ❖ ECMO; ARDS, sağ kalp yetmezliği, sol kalp yetmezliği ve/veya kombine kardiyojenik ve dağılımsal şok gelişmesi durumlarında sepsisli hastaları desteklemek için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Fortenberry JD, Lorusso R. The history and development of extracorporeal support. Extracorporeal life support 2017;5.
2. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS) The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). European heart journal 2020;41(4):543-603.
3. Smulders YM. Pathophysiology and treatment of haemodynamic instability in acute pulmonary embolism: the pivotal role of pulmonary vasoconstriction. Cardiovascular research 2000;48(1):23-33.

4. Goldhaber SZ, Elliott CG. Acute pulmonary embolism: part I: epidemiology, pathophysiology, and diagnosis. *Circulation* 2003;**108**(22):2726-29.
5. Burrowes K, Clark A, Tawhai M. Blood flow redistribution and ventilation-perfusion mismatch during embolic pulmonary arterial occlusion. *Pulmonary circulation* 2011;**1**(3):365-76.
6. Leacche M, Unic D, Goldhaber SZ, et al. Modern surgical treatment of massive pulmonary embolism: results in 47 consecutive patients after rapid diagnosis and aggressive surgical approach. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2005;**129**(5):1018-23.
7. Belohlavek J, Rohn V, Jansa P, et al. Veno-arterial ECMO in severe acute right ventricular failure with pulmonary obstructive hemodynamic pattern. *Journal of Invasive Cardiology* 2010;**22**(8):365.
8. Maggio P, Hemmila M, Haft J, et al. Extracorporeal life support for massive pulmonary embolism. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2007;**62**(3):570-76.
9. Lorusso R, Belliato M, Weerwind P, et al. Adult Cardiovascular Defects, Diseases and Procedures that Predispose to ECLS. *Extracorporeal Life Support* 2017;**5**.
10. Corsi F, Lebreton G, Bréchet N, et al. Life-threatening massive pulmonary embolism rescued by venoarterial-extracorporeal membrane oxygenation. *Critical Care* 2017;**21**(1):76.
11. Dolmatova EV, Moazzami K, Cocke TP, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in massive pulmonary embolism. *Heart & Lung* 2017;**46**(2):106-09.
12. Swol J, Buchwald D, Strauch J, et al. Extracorporeal life support (ECLS) for cardiopulmonary resuscitation (CPR) with pulmonary embolism in surgical patients—a case series. *Perfusion* 2016;**31**(1):54-59.
13. Yusuff H, Zochios V, Vuylsteke A. Extracorporeal membrane oxygenation in acute massive pulmonary embolism: a systematic review. *Perfusion* 2015;**30**(8):611-16.
14. Meneveau N, Guillon B, Planquette B, et al. Outcomes after extracorporeal membrane oxygenation for the treatment of high-risk pulmonary embolism: a multicentre series of 52 cases. *European heart journal* 2018;**39**(47):4196-204.
15. Kawahito K, Murata Si, Adachi H, et al. Resuscitation and circulatory support using extracorporeal membrane oxygenation for fulminant pulmonary embolism. *Artificial organs* 2000;**24**(6):427-30.
16. Shokr M, Rashed A, Mostafa A, et al. Impella RP support and catheter-directed thrombolysis to treat right ventricular failure caused by pulmonary embolism in 2 patients. *Texas Heart Institute Journal* 2018;**45**(3):182-85.
17. Kumar Bhatia N, Dickert NW, Samady H, et al. The use of hemodynamic support in massive pulmonary embolism. *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 2017;**90**(3):516-20.
18. Organization ELS. ECLS registry report, international summary: Extracorporeal Life Support Organization Ann Arbor, MI, 2010.
19. Nolan JP, Soar J, Cariou A, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines for post-resuscitation care 2015: section 5 of the European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2015. *Resuscitation* 2015;**95**:202-22.
20. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, et al. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015 section 1. Executive summary. *Resuscitation-Limerick, 1972, currens* 2015;**95**:1-80.
21. Galiè N, Humbert M, Vachiery J-L, et al. 2015 ESC/ERS guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *European heart journal* 2016;**37**(1):67-119.

22. Savale L, Weatherald J, Jaïs X, et al. Acute decompensated pulmonary hypertension. *European Respiratory Review* 2017;**26**(146):170092.
23. Javidfar J, Brodie D, Iribarne A, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to lung transplantation and recovery. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery* 2012;**144**(3):716-21.
24. Rosenzweig EB, Brodie D, Abrams DC, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a novel bridging strategy for acute right heart failure in group 1 pulmonary arterial hypertension. *ASAIO journal* 2014;**60**(1):129-33.
25. Fuehner T, Kuehn C, Hadem J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in awake patients as bridge to lung transplantation. *American journal of respiratory and critical care medicine* 2012;**185**(7):763-68.
26. de Perrot M, Granton JT, McRae K, et al. Impact of extracorporeal life support on outcome in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension awaiting lung transplantation. *The Journal of heart and lung transplantation* 2011;**30**(9):997-1002.
27. Kortchinsky T, Mussot S, Rezaiguia S, et al. Extracorporeal life support in lung and heart–lung transplantation for pulmonary hypertension in adults. *Clinical transplantation* 2016;**30**(9):1152-58.
28. Tudorache I, Sommer W, Kühn C, et al. Lung transplantation for severe pulmonary hypertension—awake extracorporeal membrane oxygenation for postoperative left ventricular remodeling. *Transplantation* 2015;**99**(2):451-58.
29. Strueber M, Hoeper M, Fischer S, et al. Bridge to thoracic organ transplantation in patients with pulmonary arterial hypertension using a pumpless lung assist device. *American Journal of Transplantation* 2009;**9**(4):853-57.
30. Gattinoni L, Pesenti A, Rossi G, et al. Treatment of acute respiratory failure with low-frequency positive-pressure ventilation and extracorporeal removal of CO₂. *The Lancet* 1980;**316**(8189):292-94.
31. Tajimi K, Kasai T, Nakatani T, et al. Extracorporeal lung assist for patient with hypercapnia due to status asthmaticus. *Intensive care medicine* 1988;**14**(5):588-89.
32. Sklar MC, Beloncle F, Katsios CM, et al. Extracorporeal carbon dioxide removal in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Intensive care medicine* 2015;**41**(10):1752-62.
33. Schellongowski P, Riss K, Staudinger T, et al. Extracorporeal CO₂ removal as bridge to lung transplantation in life-threatening hypercapnia. *Transplant International* 2015;**28**(3):297-304.
34. Karagiannidis C, Strassmann S, Philipp A, et al. Veno-venous extracorporeal CO₂ removal improves pulmonary hypertension in acute exacerbation of severe COPD. *Intensive care medicine* 2015;**41**(8):1509-10.
35. Swol J LW. Trauma and Extracorporeal Life Support In: Brogan TV LL, Lorusso R, MacLaren G, Peek G, ed. *Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book* 5th ed. 5th Ed, 2017:593-97.
36. Mikhail J. The trauma triad of death: hypothermia, acidosis, and coagulopathy. *AACN Advanced Critical Care* 1999;**10**(1):85-94.
37. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome) use of the Bramson membrane lung. *New England Journal of Medicine* 1972;**286**(12):629-34.
38. Schupp M, Swanevelde J, Peek GJ, et al. Postoperative extracorporeal membrane oxygenation for severe intraoperative SIRS 10 h after multiple trauma. *British journal of anaesthesia* 2003;**90**(1):91-94.
39. Sian K, McAllister B, Brady P. The use of extracorporeal membrane oxygenation therapy in the delayed surgical repair of a tracheal injury. *The Annals of thoracic surgery* 2014;**97**(1):338-40.

40. Zhou R, Liu B, Lin K, et al. ECMO support for right main bronchial disruption in multiple trauma patient with brain injury—a case report and literature review. *Perfusion* 2015;**30**(5):403-06.
41. Nelson J, Cairns B, Charles A. Early extracorporeal life support as rescue therapy for severe acute respiratory distress syndrome after inhalation injury. *Journal of burn care & research* 2009;**30**(6):1035-38.
42. Bein T, Kuhr L, Metz C, et al. ARDS and severe brain injury. Therapeutic strategies in conflict. *Der Anaesthesist* 2002;**51**(7):552-56.
43. Young N, Rhodes JK, Mascia L, et al. Ventilatory strategies for patients with acute brain injury. *Current opinion in critical care* 2010;**16**(1):45-52.
44. Muellenbach RM, Kredel M, Kunze E, et al. Prolonged heparin-free extracorporeal membrane oxygenation in multiple injured acute respiratory distress syndrome patients with traumatic brain injury. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012;**72**(5):1444-47.
45. Ke H-Y, Lin C-Y, Tsai Y-T, et al. Increase the donor pool: transportation of a patient with fatal head injury supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2010;**68**(3):E87-E88.
46. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Intensive care medicine* 2017;**43**(3):304-77.
47. Brierley J, Carcillo JA, Choong K, et al. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine. *Critical care medicine* 2009;**37**(2):666.
48. MacLaren G, Butt W. ECMO for septic shock. *Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book 5th ed* Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization 2017:613-26.
49. Huang C-T, Tsai Y-J, Tsai P-R, et al. Extracorporeal membrane oxygenation resuscitation in adult patients with refractory septic shock. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery* 2013;**146**(5):1041-46.
50. Park TK, Yang JH, Jeon K, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory septic shock in adults. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2015;**47**(2):e68-e74.
51. Cheng A, Sun H-Y, Lee C-W, et al. Survival of septic adults compared with nonseptic adults receiving extracorporeal membrane oxygenation for cardiopulmonary failure: a propensity-matched analysis. *Journal of critical care* 2013;**28**(4):532. e1-32. e10.
52. Bréchet N, Luyt C-E, Schmidt M, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support for refractory cardiovascular dysfunction during severe bacterial septic shock. *Critical care medicine* 2013;**41**(7):1616-26.
53. Dirnberger D, Fiser R, Harvey C, et al. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). 2015.
54. House AA, Ronco C. Extracorporeal blood purification in sepsis and sepsis-related acute kidney injury. *Blood purification* 2008;**26**(1):30-35.
55. Cruz DN, Antonelli M, Fumagalli R, et al. Early use of polymyxin B hemoperfusion in abdominal septic shock: the EUPHAS randomized controlled trial. *Jama* 2009;**301**(23):2445-52.
56. Stegmayr BG, Banga R, Berggren L, et al. Plasma exchange as rescue therapy in multiple organ failure including acute renal failure. *Critical care medicine* 2003;**31**(6):1730-36.
57. Payen DM, Guilhot J, Launey Y, et al. Early use of polymyxin B hemoperfusion in patients with septic shock due to peritonitis: a multicenter randomized control trial. *Intensive care medicine* 2015;**41**(6):975-84.
58. Busund R, Koukline V, Utrobin U, et al. Plasmapheresis in severe sepsis and septic shock: a prospective, randomised, controlled trial. *Intensive care medicine* 2002;**28**(10):1434-39.
59. MacLaren G, Cove M, Kofidis T. Central extracorporeal membrane oxygenation for septic shock in an adult with H1N1 influenza. *The Annals of thoracic surgery* 2010;**90**(3):e34-e35.