

# Postkardiyotomik Şokta Uygulanan Venoarteriyel ECMO'da Oksijenatör Performans Süresine Etki Eden Faktörlerin Analizi

## Analysis of Factors Affecting Venoarterial ECMO Oxygenator Performance Time Applied in Postcardiotomic Shock

© Aybars Duman

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Perfüzyon Bölümü, İstanbul, Türkiye

### Öz

**Amaç:** Çalışmanın amacı ortalama kullanma süresi olan süresi olan ekstrakorporeal membran oksijenasyonunun (ECMO) verimliliğine etki eden faktörlerin analizini yapmaktır. Elde edilen sonuçlara göre oksijenatör verimliliğinin azaldığı koşulları tespit edip erken dönemde bu sorunların önüne geçerek verimliliği korumak ve risk faktörlerini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmaya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde açık kalp cerrahisi sonrasında kalp-akciğer makinesinden ayrılamayan veya postoperatif dönemde tedaviye geleneksel yöntemlerle cevap alınmayıp ECMO takılan 21 hasta dahil edildi. Bu hastalara ait yaş, cinsiyet, vücut yüzeyi alanı, hipertansiyon veya diyabet varlığı, geçirdiği operasyonun adı, kardiyopulmoner bypass süresi, kross klemp süresi, kanül çapı, kanülasyon yeri ve preoperatif değerler (yüksek yoğunluklu lipoprotein, düşük yoğunluklu lipoprotein ve platelet) kaydedildi. Postoperatif dönemde ECMO'da geçirdiği süre boyunca oksijenatörden günlük olarak giriş kan gazı ve çıkış kan gazı alındı. Bu kan gazındaki parsiyel oksijen (PO<sub>2</sub>) değerleri kaydedildi. ECMO dakikadaki devir sayısı, dakikadaki litre hacmi ve oksijenatör giriş ve çıkışındaki basınç ölçümleri izlendi. Aktive pıhtılaşma zamanı takibi yapıldı. Oksijenatörde sıcaklık ölçümleri yapıldı. ECMO devreleri makroskobik trombüs oluşumu yönünden izlendi. Toplanan parametreler ile beraber hastalardaki hemorajikdeğerler (potansiyel hidrojen, laktik asit, hematokrit, PLT, kırmızı kan hücresi dağılım genişliği, ortalama trombosit hacmi, trombosit dağılım genişliği, ortalama korpuscular hemoglobin konsantrasyonu ve ortalama korpuscular hemoglobin T1 (2. gün), T2 (5. gün) ve Tson (ECMO'da geçirilen son gün) olmak üzere 3 ayrı zaman diliminde istatistiksel olarak analizi yapıldı.

**Bulgular:** Sonuçlara göre oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub>'inin son günü ile 5. günü arasındaki p değeri=0,001 olduğundan istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edildi. T1 (2. gün) T2 (5. gün) ve Tson (son gün) olmak üzere incelenen n=21 hastada T1'de gözle görülür trombüs varlığına rastlanmadı. Trombüs T2'de n=1 hastada, Tson'da n=5 hastada gelişti. T1 ve Tson değerleri arasında trombüs gelişimi açısından anlamlı farklılık bulundu (p=0,019).

**Sonuç:** Elde edilen veriler doğrultusunda ECMO'da 2. gün, 5. gün ve son gün ölçümlerindeki anlamlı değişikliklerin oksijenatör verimliliğine etkileri ya da verimlilikte belirteç olma rolleri için daha çok sayıda olgu içeren çalışmalar yol gösterici olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** ECMO, postkardiyotomik şok, oksijenatör, trombüs, verimlilik, antikoagülasyon

### Abstract

**Objective:** The aim of the study is to analyze the factors affecting the efficiency of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), which is the average usage time. According to the results obtained, the aim is to determine the conditions under which oxygenator efficiency decreases, to maintain efficiency, and to reveal risk factors by preventing these problems in the early period.

**Materials and Methods:** Twenty-one patients who underwent open heart surgery and ECMO at University of Health Sciences, Dr. Siyami Ersek Thoracic Cardiovascular Surgery Training and Research Hospital were included in the study. Age, gender, body surface area, presence of hypertension or diabetes mellitus, name of the operation, cardiopulmonary bypass time, cross-clamp time, cannula diameter, cannulation location and preoperative



**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Aybars Duman, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Perfüzyon Bölümü, İstanbul, Türkiye

**E-posta:** aybarsduman1598753@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0009-0003-0122-863X

**Geliş Tarihi/Received:** 05.01.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 02.02.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 20.02.2025

**Atıf/Cite this article as:** Duman A. Analysis of factors affecting venoarterial ECMO oxygenator performance time applied in postcardiotomic shock.

Turk J Clin Cardio Perfusion. 2024;2(3):86-91

values (high-density lipoprotein, low-density lipoprotein and platelet) of these patients were recorded. During the postoperative period, ECMO, entry blood gases, and exit blood gases were taken daily from the oxygenator. Partial oxygen ( $PO_2$ ) values in this blood gas were recorded. ECMO revolutions per minute, liter volume per minute, and pressure measurements at the oxygenator inlet and outlet were monitored. Activated clotting time follow-up was performed. Temperature measurements were made in the oxygenator. ECMO circuits were monitored for macroscopic thrombus formation. Along with the collected parameters, hemorrhagic values in the patients were statistically analyzed in 3 different time periods: T1 (2<sup>nd</sup> day), T2 (5<sup>th</sup> day) and Tlast (last day on ECMO).

**Results:** According to the results, since the p value between the last day and the 5<sup>th</sup> day of oxygenator output  $PO_2$  was  $p=0.001$ , a statistically significant result was obtained. No visible thrombus was found at T1 in  $n=21$  patients examined as T1 (2<sup>nd</sup> day), T2 (5<sup>th</sup> day) and Tlast (last day). Thrombus developed in  $n=1$  patient at T2 and in  $n=5$  patients at Tlast. A significant difference was found in terms of thrombus development between T1 and Tlast values ( $p=0.019$ ).

**Conclusion:** Based on the obtained data, studies with more cases may be guiding for the effects of significant changes in the measurements of the 2<sup>nd</sup>, 5<sup>th</sup> and last day of ECMO oxygenator efficiency or their role as a marker of efficiency.

**Keywords:** ECMO, postcardiotomic shock, oxygenator, thrombus, efficiency, anticoagulation

## Giriş

Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) son dönemde sıklıkla kullanılan kalp ve akciğer fonksiyonlarının yerine getirilmesine yardımcı olan önemli destek sistemidir (1). Kandolaşımı vücut dışına taşıdığından dolayı sistemik akışkanlığı sağlamak için antikoagülan kullanımı gereklidir. Kardiyopulmoner baypastan farklı olarak 180-200 saniye aktive pıhtılaşma zamanı (ACT) ile takibi yapılır. Bunu desteklemek amacıyla ECMO ekipmanları heparin kaplıdır (2,3). Hatların heparin kaplı olmasına rağmen yabancı yüzey aktivasyonundan dolayı bir inflamatuvar yanıt gelişir (4,5). Bu inflamatuvar yanıt pıhtılaşma yollarını aktive eder. Fibrinojenler ECMO yüzeyine absorbe olur. Trombositler fibrinojene bağlanarak ECMO devrelerinde trombus oluşumunu güçlendirir (5,6). Oluşan mikrotrombüsler sistem içerisinde serbestçe dolaşabilir. Zaman içerisinde konnektör, bağlantı noktaları ve kanül diplerinde birikir. ECMO akımıyla beraber bu noktalardan kopan trombüsler santrifüj başlık ve oksijenatör porlarında toplanır (7). Böylece oksijen porlarının zamanla tıkanıp oksijenizasyon bozulacağı için ECMO oksijenatör verimliliği azalmaya başlar (8).

## Gereç ve Yöntemler

Çalışmada 2022 Şubat-Temmuz döneminde kliniğimizde planlı olarak operasyon geçiren ve postkardiyotomik şok nedeni ile ECMO girişimi uygulanan hastalar prospektif gözlemsel olarak analiz edildi. Toplamda 5 gün ve 5 gün üzeri postkardiyotomik şok nedeni ile ECMO desteği alan 21 hasta incelendi. Hastalardan ECMO desteği sürecinde günlük olarak bakılan hematolojik parametrelerden pH, laktat, PLT, hematokrit (HTC), ortalama platelet hacmi (MPV), platelet dağılım genişliği (PDW), ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) ve ortalama korpüsküler hemoglobin (MCH) değerleri kaydedildi. Oksijenatör giriş ve çıkışlarından kan gazı alındı. Bu kan gazlarındaki  $PO_2$

değeri kaydedildi. Oksijenatör giriş ve çıkış basınçları anlık olarak izlendi. ACT değerleri takip edildi. Elde edilen tüm veriler 2. günü (T1), 5. Gün (T2) ve ECMO'daki son günü (Tson) zaman periyotlarında istatistiksel olarak analiz edildi. Prospektif gözlemsel çalışmanın etik kurul onayı, Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu'ndan (onay numarası: HNEAH-KAEK 2022/22-3499, tarih: 07.02.2022) alındı.

## Evren ve Örneklemi

Çalışma 21 hasta verileriyle gerçekleştirildi. ECMO desteği alan daha fazla hasta olmasına rağmen bu hastalardaki destek 5 gün veya daha az sürede sonlandı. Yeterli veri elde edilmediği için bu hastalar çalışma dışında bırakıldı. Çalışma, yüksek sayıda hasta içerdiğinde sonuçlarda değişiklik olabileceği düşünüldüğünde bu durum araştırmamız için bir sınırlılıktı. Gözlemsel çalışma yapıldığından dolayı D-dimer düzeyi, fibrinojen değeri, preoperatif ACT ve aktive parsiyel tromboplastin zamanı vb. gibi parametreler rutin yapılan tetkikler içerisine girmediğinden dolayı çalışma dışında bırakıldı.

## İstatistiksel Analiz

Çalışmadaki istatistiksel analizler, IBM® SPSS® 26 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) yazılımı ile yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu analitik yöntemlerle (Kolmogorov-Smirnov testi) incelendi. Tanımlayıcı analizler, sürekli veriler için ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verildi. Sosyodemografik ve klinik (operasyon türü, kanülasyon yeri vb.) bilgilere ait kategorik değişkenler frekans ve yüzde değerleri verilerek tanımlayıcı istatistikleri yapıldı. Farklı zaman periyotlarına ait gruplar (T1, T2 ve Tson) arasında perfüzyon, biyokimya ve hematolojik parametrelere ait ölçüm değerleri karşılaştırılırken bağımlı gruplarda eşleştirilmiş t-testi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin (trombus varlığı) karşılaştırılmasında Pearson'un veya Fisher'in kesin ki-kare testi kullanıldı ve p değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Hastaların n=3'ünde femoral kanülasyon ve n=18'inde santral kanülasyon tercih edildi.

Tablo 1'de ECMO desteği alan n=21 hastanın yaş ortalaması 53,67±12,12 yıldır. Bu hastaların minimum vücut yüzey alanı (BSA) değeri 1,47 ve maksimum vücut yüzey alanı (BSA) değeri 2,21'dir. Pompa sürelerinin ortalaması 187,33±105,62 dakika ve kross süresinin ortalaması 102,57±57,08 dakikadır. Tablo 2'de en çok koroner arter bypass grefti operasyonlarında n=9 ECMO desteği uygulandı. Şekil 1'de hastaların n=3'ünde femoral kanülasyon ve n=18'inde santral kanülasyon tercih edildi. Tablo 3'de ECMO desteği alan hastalarda kan parametrelerinin zamana bağlı karşılaştırılmasında pH, HTC ve MCHC parametrelerinde belirtilen üç zaman diliminde de anlamlı sonuç elde edilmedi. MPV değerinde 2. günden 5. güne doğru ve 2. günden son güne doğru anlamlı olarak değişiklik gösterdi fakat 5. günden son gün doğru anlamlı sonuç elde edilmedi. Laktat, PDW ve RDW parametrelerinde 2. günden 5. güne doğru sonuç elde edildi. Bu parametre değerlerinde 2. günden son güne doğru ve 5. günden son güne doğru anlamlı sonuç gözlenmedi. MCH ve PLT değerlerinde 2. günden 5. güne doğru ve 2. günden son güne doğru sonuçlar anlamlıydı. 5. günden son güne doğru anlamlı sonuç elde edilmedi. Tablo 4'de ECMO sisteminde zamana bağlı

trombüs varlığının istatistiksel olarak karşılaştırılmasında n=21 hastada 2. günden son güne doğru n=5 ECMO'da trombüs görüldü. İkinci günden son güne doğru istatistiksel olarak sonuçlar anlamlıydı. Tablo 5'de istatistiksel olarak ECMO parametrelerinin zamana bağlı karşılaştırılmasında dakikadaki devir sayısı (RPM) parametresinde zaman dilimlerinde anlamlı sonuç elde edilmezken dakikadaki litre hacmi (LPM), 5. günden son güne doğru anlamlı olarak azaldı. Oksijenatör giriş-çıkış basınçlarında ve sıcaklık parametrelerinde belirtilen zaman dilimlerinde anlamlı sonuç elde edilmedi. Oksijenatör giriş PO<sub>2</sub>'si 2. günden 5. güne ve 2. günden son güne doğru istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edilmezken 5. günden son güne doğru anlamlı olarak azaldı. Oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub>'sinde 2. günden 5. güne anlamlı sonuç elde edilmedi. İkinci günden son güne doğru ve 5. günden son güne doğru anlamlı olarak azaldı. Tablo 6'da yalnızca ECMO sisteminde trombüs bulunan hastaların tüm değerleri kendi içinde istatistiksel olarak incelendiğinde RPM, HTC, PLT, PDW, MCH, sıcaklık, PH, ACT, laktat ve giriş basınç parametrelerinin incelenen üç zaman diliminde de elde edilen sonuçlar anlamlı değildi. LPM, oksijenatör giriş PO<sub>2</sub>, oksijenatör çıkış basıncı ve MCHC parametrelerinde 2. günden 5. güne doğru anlamlı sonuç gözlenmedi. Bu parametre değerlerinde 2. günden son güne doğru ve 5. günden son güne doğru olan değerlerde istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edildi. RDW parametresinde 2. günden son güne doğru olan değerde anlamlı sonuç elde edildi ama 2. günden 5. güne doğru olan değer ve 5. günden son güne doğru elde edilen değerde sonuçlar anlamlı değildi. MPV parametresinde 2. günden 5. güne doğru olan değerde istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edildi. İkinci günden son güne doğru ve 5. günden son güne doğru olan değerlerde anlamlı sonuç gözlenmedi. Oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub>'sinde ise üç zaman diliminde anlamlı sonuçlar elde edildi. Şekil 2'de günlük olarak oksijenatör çıkışından alınan kan gazlarında parsiyel oksijenasyonun son güne doğru azaldığı ECMO, hastadan ayrıldıktan hemen sonra kendi içinde serum fizyolojik ile yıkandı. ECMO sisteminin santrifüj başlığında yıkandıktan sonra pıhtı varlığı gözlemlendi. Şekil 3'te hastanın ECMO'da geçirdiği son günde oksijenatör portlarında makroskobik trombüs oluşumu gözlemlendi.

**Tablo 1. Hastaların yaş, BSA, pompa süreleri ve kross süreleri**

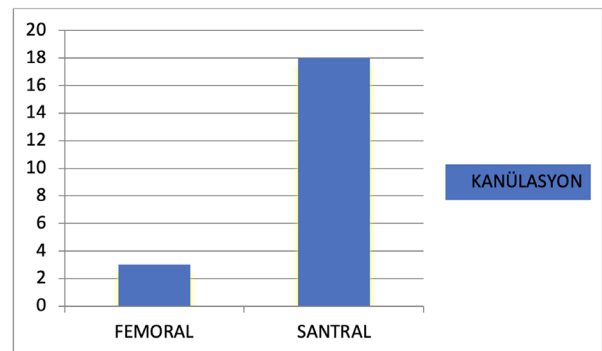
	Sayı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapması
Yaş	21	20	67	53,67	12,12
BSA	21	1,47	2,21	1,88	0,19
Pompa süresi	21	70	535	187,33	105,62
Kross süresi	21	34	267	102,57	57,08

BSA: Vücut yüzey alanı

**Tablo 2. Hastaların geçirdiği operasyon türleri**

Operasyon türü	Sayı	(%)
AVR	2	9,5
AVR+MVR	2	9,5
AVR+MVR+TDV	1	4,8
BENTALL+TVR	1	4,8
CABG	9	42,9
CABG+AVR+TDV	1	4,8
MVR+TDV	1	4,8
Pulmoner end	3	14,1
AVR+MVR+TVR	1	4,8
<b>Toplam</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

AVR: Aort kapak değişimi, MVR: Mitral kapak değişimi, TDV: Tansiyon direnci olgusu, TVR: Transkateter vasküler rekonstrüksiyon, CABG: Koroner arter bypass grefti



**Şekil 1. ECMO kanülasyon yeri**

ECMO: Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu

Tablo 3. Kan parametrelerinin zamana bağlı karşılaştırılması			
Parametreler	p	Parametreler	p
<b>PH</b>		<b>MPV</b>	
T2-T1	0,550	<b>T2-T1</b>	<b>0,012</b>
Tson-T1	0,487	<b>Tson-T1</b>	<b>0,012</b>
Tson-T2	0,206	Tson-T2	0,206
<b>Laktat</b>		<b>PDW</b>	
T2-T1	0,008	T2-T1	<b>0,009</b>
Tson-T1	0,590	Tson-T1	0,121
Tson-T2	0,286	Tson-T2	0,420
<b>HTC</b>		<b>MCH</b>	
T2-T1	0,602	T2-T1	0,045
Tson-T1	0,498	Tson-T1	<b>0,012</b>
Tson-T2	0,811	Tson-T2	0,343
<b>PLT</b>		<b>MCHC</b>	
T2-T1	0,003	T2-T1	0,889
Tson-T1	0,042	Tson-T1	0,663
Tson-T2	0,267	Tson-T2	0,463
<b>RDW</b>		<b>ACT</b>	
T2-T1	0,015	T2-T1	0,100
Tson-T1	0,087	Tson-T1	<b>0,002</b>
Tson-T2	0,647	Tson-T2	0,209

HTC: Hematokrit, PLT: Platelet, RDW: Kırmızı kan hücreleri dağılım genişliği, PDW: Platelet dağılım genişliği, ACT: Aktive pıhtılaşma zamanı, MCHC: Ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonu, MPV: Ortalama platelet hacmi

Tablo 4. ECMO sisteminde zamana bağlı trombüs varlığının karşılaştırılması		
T1 vs. T2	T1 vs Tson	T2 vs Tson
<b>p</b>		
0,315	<b>0,019</b>	0,082

## Tartışma

Açık kalp cerrahisi olan hastaların %3 ila %6'sında postkardiyotomik şok gelişir. Bu hastaların %0,5-1'inde yüksek inotrop desteğine rağmen kalp-akciğer makinesinden ayrılamaz (9). Ventrikül yükünü hafifletmek ve akciğer desteği için vücut dolaşımına kısa dönemli mekanik destek sağlamak adına VA-ECMO kullanılabilir (10). Komplikasyonlara açık bir ventrikül destek sistemidir ve kullanım süresi sınırlılığı vardır. Kanama riski ve trombüs oluşumu en sık karşılaşılan komplikasyonlardandır (11). Tüm riskleri azaltmak için antikoagülasyon kullanımı çok önemlidir. ECMO'da dolaşım devamlılığını sürdürebilmek adına kullanılan hatların heparin kaplı olması ve antikoagülasyon kullanımı aynı zamanda ciddi kanama komplikasyonlarını da beraberinde getirebilir. Mazzeffi ve ark. (12) ECMO desteği alan hastalarda kanama komplikasyonlarının meydana geldiğini göstermiştir. Bu çalışmada ECMO'da verimliliğin

Tablo 5. ECMO parametrelerinin zamana bağlı karşılaştırılması			
Parametreler	p	Parametreler	p
<b>RPM</b>		<b>Oksijenatör giriş basıncı</b>	
T2-T1	0,131	T2-T1	0,289
Tson-T1	0,114	Tson-T1	0,192
Tson-T2	0,338	Tson-T2	0,276
<b>LPM</b>		<b>Oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub></b>	
T2-T1	0,986	T2-T1	0,917
Tson-T1	0,106	Tson-T1	0,274
Tson-T2	<b>0,036</b>	Tson-T2	0,107
<b>Oksijenatör giriş PO<sub>2</sub></b>		<b>Sıcaklık</b>	
T2-T1	0,455	T2-T1	0,717
Tson-T1	0,135	Tson-T1	0,378
Tson-T2	<b>0,039</b>	Tson-T2	0,627
<b>Oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub></b>			
T2-T1	0,639		
Tson-T1	<b>0,004</b>		
Tson-T2	<b>0,001</b>		

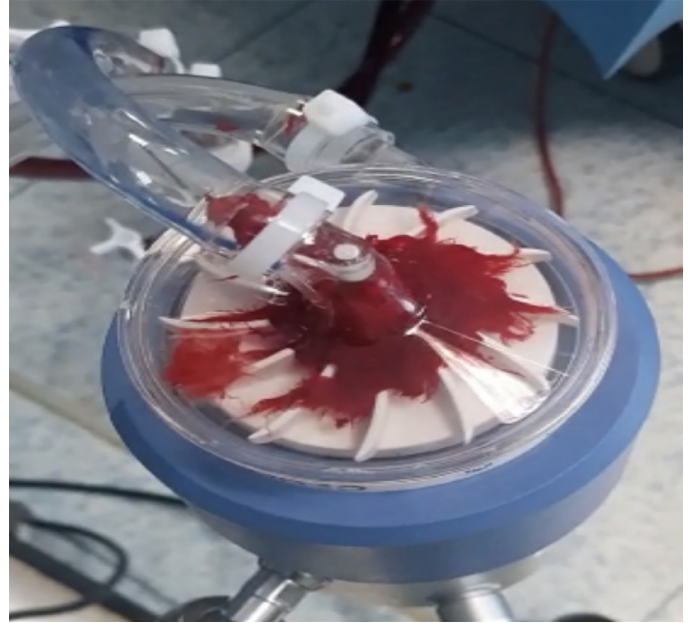
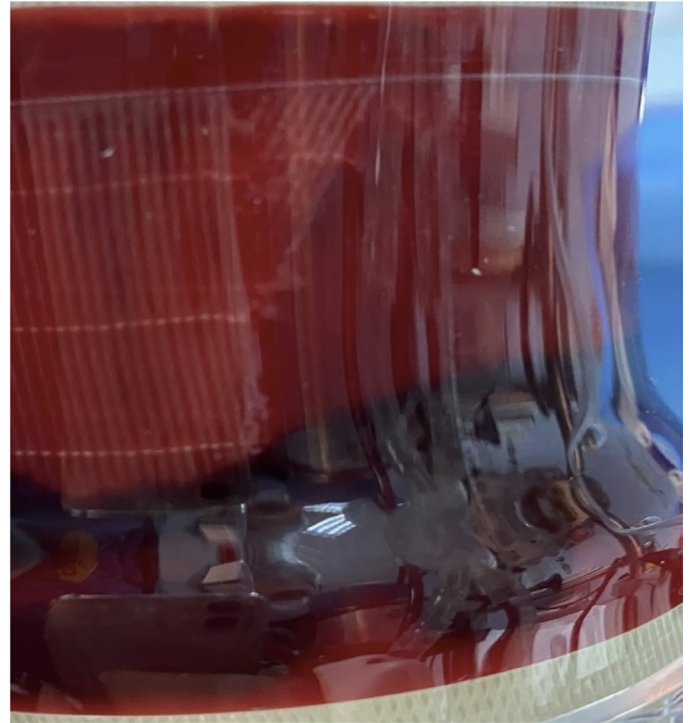
Bağımlı gruplarda eşleştirilmiş t-testi uygulandı ve p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.  
RPM: Solunum koruma maskesi, LPM: Dakikadaki litre hacmi

sağlanmasında ve oksijenatör performansına etki edebilecek parametrelerin tespit edilmesi amaçlandı. Literatürde benzer bir çalışma tespit edemedik. Muhtemelen literature kaynak sağlayacak ilk çalışma olabilir. Mevcut literatürde ECMO hakkında bilinen bilgiler genellikle KPB cihazlarından tahmin edilmektedir ve yeterince ECMO sisteminin işleyişini açıklayamaz. ECMO trombüs ve kanama riskinin artmasına yol açan farklı hemostatik mekanizmalarda farklılıklar gösterebilir, aynı zamanda etkileşime açıktır. Santrifüj pompa kan hücrelerin zarar görmesine neden olabilmektedir. Çalışmamızda ECMO desteği alan n=21 hastada oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub>'si 5. günden son güne doğru anlamlı olarak azaldı. Beşinci günden son güne doğru n=5 ECMO'da trombüs varlığı gözlemlendi. Özellikle trombüs varlığı olan ECMO cihazlarında oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub>'sinde son güne doğru ciddi şekilde düşüş yaşandı. Şekil 3'deki gibi oksijenatör porlarında da tıkanıklık meydana gelmesi nedeniyle trombüs oluşumunun parsiyel oksijenasyonu düşürerek ECMO verimliliğinin azalmasına sebep olduğunu düşünmekteyiz. LPM ve RPM parametreleri arasında genellikle bir korelasyon beklenir. Hastadaki volüm yüküne bağlı olarak ve trombüs oluşumunda değişiklik gösterebilir. Volüm açığı negatif basıncı arttıracığından dolayı RPM azaldığında LPM'de değişiklik olmaz veya artar. Tablo 5'de gösterildiği gibi ECMO LPM 5. günden son güne doğru anlamlı olarak azaldı fakat RPM'de aynı zaman diliminde anlamlı sonuç gözlemlenmedi.

**Tablo 6. Trombüs bulunan hastaların tüm parametre değerlerinin zamana bağlı karşılaştırılması**

Parametreler	p	Parametreler	p
<b>RPM</b>		<b>HTC</b>	
T2-T1	0,500	T2-T1	0,893
Tson-T1	0,500	Tson-T1	0,500
Tson-T2	0,500	Tson-T2	0,500
<b>LPM</b>		<b>PLT</b>	
T2-T1	0,893	T2-T1	0,345
Tson-T1	<b>0,043</b>	Tson-T1	0,225
Tson-T2	<b>0,043</b>	Tson-T2	0,686
<b>Oksijenatör giriş PO<sub>2</sub></b>		<b>RDW</b>	
T2-T1	0,225	T2-T1	0,078
Tson-T1	<b>0,043</b>	Tson-T1	0,043
Tson-T2	<b>0,043</b>	Tson-T2	0,279
<b>Oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub></b>		<b>MPV</b>	
T2-T1	<b>0,043</b>	T2-T1	<b>0,043</b>
Tson-T1	<b>0,043</b>	Tson-T1	0,345
Tson-T2	<b>0,043</b>	Tson-T2	0,684
<b>Oksijenatör giriş basıncı</b>		<b>PDW</b>	
T2-T1	0,078	T2-T1	0,144
Tson-T1	0,080	Tson-T1	0,581
Tson-T2	0,080	Tson-T2	0,461
<b>Oksijenatör çıkış basıncı</b>		<b>MCH</b>	
T2-T1	0,225	T2-T1	0,216
Tson-T1	<b>0,043</b>	Tson-T1	0,285
Tson-T2	<b>0,043</b>	Tson-T2	0,893
<b>Sıcaklık</b>		<b>MCHC</b>	
T2-T1	0,157	T2-T1	0,686
Tson-T1	0,063	Tson-T1	<b>0,039</b>
Tson-T2	0,102	Tson-T2	<b>0,043</b>
<b>PH</b>		<b>ACT</b>	
T2-T1	0,500	T2-T1	0,223
Tson-T1	0,225	Tson-T1	0,225
Tson-T2	0,225	Tson-T2	0,715
<b>Laktak</b>			
T2-T1	0,500		
Tson-T1	0,225		
Tson-T2	0,500		

MCHC: Ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonu, MCH: Ortalama korpüsküler hemoglobin, PDW: Platelet dağılım genişliği, MPV: Ortalama platelet hacmi, RDW: Kırmızı kan hücreleri dağılım genişliği, PLT: Platelet, HTC: Hematokrit

**Şekil 2.** Santrifüj başlıkta trombüs görüntüsü**Şekil 3.** Oksijenatörde oluşan trombüs görüntüsü

Şekil 2'de santrifüj başlıkta gözlenen trombüs oluşumu LPM ve RPM arasındaki uyumsuzluğu açıklamaya yardımcı olabilir. Tablo 3'e göre ECMO'da kan parametrelerinin zamana bağlı karşılaştırmasında hastaların laktat değerlerinde 2. günden 5. güne doğru anlamlı olarak azalma gözlemlendi. Aynı zamanda 5. güne kadar parsiyel oksijenasyonda anlamlı olarak azalma gözlemlenmedi. Tüm durumlar gözönünde bulundurulduğunda ECMO cihazlarının ilk 5 günde vücut dolaşımına efektif olarak

yardımcı olduğu gösterildi. Yine de daha ileri tetkik gerektiren ve daha çok olgu sayısı içeren çalışmalar yol gösterici olabilir. MPV ve MCH parametrelerinde 2. günden 5. güne doğru ve 2. günden son güne doğru olan artış gözlemlendi. Bu artışlar istatistiksel olarak anlamlıydı. RDW ve PDW parametrelerinde 2. günden 5. güne kadar olan artışlar anlamlıydı. Tablo 4'ten=21 ECMO'da, 2. günde hiçbir trombus varlığı gözlenmedi. Son günden n=5 ECMO'da trombus görüldüğü için 2. günden son güne kadar geçen zamanda sonuç anlamlı olarak arttı. ECMO'da trombus oluşumu MPV, RDW, PDW ve MCH parametreleri ile ilişkilendirilebilir. PLT parametresinin 2. günden 5. güne doğru anlamlı olarak azalması ve 2. günden son güne doğru anlamlı olarak azalması ECMO'da kanama komplikasyonları açısından risk faktörü oluşturmaktadır. ACT değeri 2. günden son güne doğru anlamlı olarak azaldı. Özellikle ECMO'dan ayrılması düşünen hastalarda kademeli olarak LPM azaltılarak takip edilir. Akımın durgunlaştığı zaman diliminde ACT'nin de istenilen seviyelerden düşük seyretmesi ECMO ekipmanlarındaki trombus oluşumunun nedenini açıklayabilir. ECMO ayrılma sürecinde akımın kademeli olarak azaldığı durumlarda ACT düzeyi istenilen seviyelerde takip edilmelidir. PH, HTC ve MCHC parametreleri için değerler anlamlı değildi. ECMO'da trombus bulunan n=5 olgu yalnızca kendi içinde Tablo 6'da istatistiksel olarak incelendiğinde oksijenatör çıkış PO<sub>2</sub>'nin değerleri tüm zaman dilimleri için anlamlı olarak azaldı.

## Sonuç

Trombus oluşumunun oksijenatör veriminin azalmasında bir belirteç olduğunu kabul edersek oksijenatör PO<sub>2</sub>'sinin azalması beklenen bir sonuçtur. Diğer sonuçlardan farklı olarak MCHC ve oksijenatör çıkış basıncında anlamlı sonuçlar elde edildi. MCHC değeri ve oksijenatör çıkış basıncı değerlerinin değişimleri erken evrede trombus oluşumunda belirteç olabilir fakat daha çok sayıda olgu içeren ileri çalışmalar yol gösterici olacaktır. Elde edilen veriler doğrultusunda ECMO'da 2. gün, 5. gün ve son gün ölçümlerinde parametrelerde anlamlı değişiklikler gözlemlendi. Özellikle bu parametrelerin oksijenatör verimliliğine etkileri ya da verimlilikte belirteç olma rolleri için daha çok sayıda olgu içeren çalışmalar yol gösterici olabilir.

## Etik

**Etik Kurul Onayı:** Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu'ndan (onay numarası: HNEAH-KAEK 2022/22-3499, tarih: 07.02.2022) alındı.

**Hasta Onayı:** Çalışmaya dahil edilen hastalardan bilgilendirilmiş gönüllü onam alındı.

## Dipnot

Bu makale 28.07.2023'de Aybars Duman'ın "Postkardiyotomik Şokta Uygulanan Venoarteriyal Ecmoda Oksijenatör Performans Süresine Etki Eden Faktörlerin Analizi" başlıklı 816612 numaralı tez çalışmasından oluşturulmuştur.

## Yazarlık Katkıları

**Finansal Destek:** Yazar tarafından finansal destek almadığı bildirilmiştir.

## Kaynaklar

1. Sauer CM, Yuh DD, Bonde P. Extracorporeal membrane oxygenation use has increased by 433% in adults in the United States from 2006 to 2011. *ASAIO J (Am Soc Artif Intern Organs)*. 2015;61(1):31-36.
2. Sniecinski RM, Levy JH. Anticoagulation management associated with extracorporeal circulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2015;29(2):189-202.
3. Esper SA, Levy JH, Waters JH, Welsby IJ. Extracorporeal membrane oxygenation in the adult: a review of anticoagulation monitoring and transfusion. *Anesth Analg*. 2014;118(4):731-743.
4. Lee YY, Baik HJ, Lee H, Kim CH, Chung RK, Han JI, et al. Heparin-free veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in a multiple trauma patient: a case report. *Medicine*. 2020;99(5):e19070.
5. Doyle AJ, Hunt BJ. Current understanding of how extracorporeal membrane oxygenators activate haemostasis and other blood components. *Front Med*. 2018;5:352.
6. Govindarajan V, Rakesh V, Reifman J, Mitrophanov AY. Computational study of thrombus formation and clotting factor effects under venous flow conditions. *Biophys J*. 2016;110(8):1869-1885.
7. Berg N, Fuchs G, Prahil Wittberg L. Flow and blood clot detection in the ECMO system. XXIV ICTAM. 21-26.08.2016; Montreal, Canada.
8. Chan SY, Figueroa M, Spentzas T, Powell A, Holloway R, Shah S. Prospective assessment of novice learners in a simulation-based extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) education program. *Pediatr Cardiol*. 2013;34(3):543-552.
9. Whitman GJ. Extracorporeal membrane oxygenation for the treatment of postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;153(1):95-101.
10. Pieri M, Belletti A, Monaco F, Pisano A, Musu M, Dalessandro V, et al. Outcome of cardiac surgery in patients with low preoperative ejection fraction. *BMC Anesthesiol*. 2016;16(1):97.
11. Thomas J, Kostousov V, Teruya J. Bleeding and thrombotic complications in the use of extracorporeal membrane oxygenation. *Semin Thromb Hemost*. 2018;44(1):20-29.
12. Mazzeffi MA, Tanaka K, Roberts A, Rector R, Menaker J, Kon Z, et al. Bleeding, thrombosis, and transfusion with two heparin anticoagulation protocols in venoarterial ECMO patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2019;33(5):1216-1220.