

KABG Ameliyatlarında MiECC Sistemi ve Santrifugal Pompa ile Konvansiyonel KPB Kullanımının Hasta İyileşme Süreçlerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Comparison of the Effects of Using MiECC System and Centrifugal Pumps with Conventional CPB on Patient Recovery Processes in CABG Surgery

© Hatice Dilek Özkan¹, © Ali Kocailik², © Mine Esener Şimşek³, © Sibel Aydın³, © Mustafa Mert Özgür⁴, © Kaan Kırılı⁴

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Eğitim ve Ar-Ge Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Perfüzyon Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

³Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Perfüzyon Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

⁴Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Koroner arter hastalığı tedavisinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri koroner arter bypass greftleme (KABG) olup, bu cerrahi girişim çoğunlukla kardiyopulmoner bypass (KPB) desteği ile gerçekleştirilmektedir. Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım (MiECC), daha düşük prime volüm ve kapalı devre yapısı sayesinde KPB'ye bağlı olumsuz etkileri azaltmayı hedefleyen bir perfüzyon yaklaşımıdır. Bu çalışmanın amacı, izole KABG cerrahisinde santrifügal pompa kullanılan konvansiyonel KPB ile MiECC sistemlerinin perioperatif hasta iyileşme süreçleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, Mayıs-Eylül 2025 tarihleri arasında İstanbul'da Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde yürütülen prospektif, tanımlayıcı bir araştırmadır. Elektif izole KABG uygulanan toplam 60 hasta MiECC (n = 30) ve santrifügal pompa kullanılan konvansiyonel KPB (n = 30) gruplarına ayrılarak preoperatif, intraoperatif (aldığı-çıkarıldığı sıvılar, laktat farkı, kan transfüzyonu, aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı (ACT) ve postoperatif (drenaj, kan transfüzyonu, mekanik ventilasyon süresi, yoğun bakım ünitesi) kalış süresi, serviste kalış süresi ve 0., 6., 24., 48. saat, 5. gün laboratuvar parametreleri (hematokrit, hemoglobin, trombosit, lökosit, üre, kreatinin, C-reaktif protein, laktat dehidrogenaz (LDH), total bilirübin, kreatin kinaz-MB izoenzimi) karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Gruplar arasında preoperatif demografik veriler, komorbiditeler ve laboratuvar değerleri ile intraoperatif anastomoz sayısı, KPB ve aortik kros klemp süreleri açısından anlamlı fark saptanmamıştır. MiECC grubunda intraoperatif dönemde sıvı dengesi ve ACT değerleri; postoperatif dönemde ise ilk 24 saat drenaj miktarı, allojenik kan ürünü kullanımı ve yoğun bakımda kalış süresi anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Ayrıca MiECC grubunda erken postoperatif dönemde hematokrit ve hemoglobin değerlerinin daha iyi korunduğu, ayrıca ilk 48 saat boyunca LDH düzeyleri ve 6. saatteki total bilirübin düzeyi anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur.

Sonuç: Sonuç olarak, MiECC sistemlerinin izole KABG cerrahisinde daha az hemodilüsyona neden olduğu, kan hücrelerini mekanik travmadan daha iyi koruduğu, postoperatif kanama ve transfüzyon gereksinimini azalttığı ve yoğun bakım kalış süresini kısalttığı görülmüştür. Uygun hasta seçimi ve standartlaştırılmış perfüzyon protokolleriyle MiECC kullanımının desteklenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: MiECC, santrifügal pompa, kardiyopulmoner bypass, koroner arter bypass greftleme



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Hatice Dilek Özkan, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Eğitim ve Ar-Ge Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-posta: haticedilekozkan@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-1866-5628

Geliş Tarihi/Received: 11.02.2026 **Kabul Tarihi/Accepted:** 17.03.2026 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 15.04.2026

Atıf/Cite this article as: Özkan HD, Kocailik A, Esener Şimşek M, Aydın S, Özgür MM, Kırılı K. Comparison of the effects of using MiECC system and centrifugal pumps with conventional cpb on patient recovery processes in CABG surgery. *Turk J Clin Cardio Perfusion*. 2025;3(2):49-59



Copyright © 2025 Yazar. Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.
Creative Commons Atıf-GayriTicari-Türetilemez 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

Abstract

Objective: Coronary artery bypass grafting (CABG) is one of the most widely used and effective treatment modalities for coronary artery disease and is most commonly performed with cardiopulmonary bypass (CPB). Minimal invasive extracorporeal circulation (MiECC) is a perfusion strategy designed to reduce CPB-related adverse effects through a closed-circuit configuration and reduced priming volume. This study aimed to compare the effects of conventional centrifugal-pump CPB and MiECC systems on perioperative patient recovery in isolated CABG surgery.

Materials and Methods: This prospective descriptive study was conducted between May and September 2025 at University of Health Sciences Türkiye, Koşuyolu Training and Research Hospital in Istanbul. Sixty patients undergoing elective isolated CABG were allocated to two groups: the MiECC group (n = 30) and the conventional CPB group using a centrifugal pump (n = 30). Preoperative, intraoperative, and postoperative parameters were compared, including fluid balance, lactate difference, blood transfusion, activated clotting time (ACT), drainage volume, transfusion requirements, duration of mechanical ventilation, intensive care unit (ICU) and hospital length of stay, and laboratory values measured at 0, 6, 24, and 48 hours and on postoperative day 5.

Results: Preoperative demographic characteristics, comorbidities, laboratory values, and intraoperative variables, including the number of anastomoses, CPB duration, and aortic cross-clamp time, were similar between the groups. The MiECC group demonstrated significantly lower intraoperative fluid balance and ACT values. Postoperative drainage volume during the first 24 hours, allogeneic blood product utilization, and ICU length of stay were also significantly reduced. In addition, hematocrit and hemoglobin levels were better preserved in the early postoperative period, while lactate dehydrogenase levels during the first 48 hours and total bilirubin levels at postoperative hour 6 were significantly lower in the MiECC group.

Conclusion: In conclusion, MiECC was associated with reduced hemodilution, improved preservation of blood cellular components, decreased postoperative bleeding and transfusion requirements, and a shorter ICU length of stay in patients undergoing isolated CABG. The use of MiECC may be recommended with appropriate patient selection and standardized perfusion protocols.

Keywords: MiECC, centrifugal pump, cardiopulmonary bypass, coronary artery bypass grafting

Giriş

Koroner arter bypass greftleme (KABG) cerrahisi, genellikle kardiyopulmoner bypass (KPB) kullanılarak gerçekleştirilmekte olup kanın yapay yüzeylerle teması, hemodilüsyon, iskemi-reperfüzyon ve kardiyotomi aspirasyonları sistemik enflamatuvar yanıtın gelişebilmesine, koagülasyon-fibrinoliz dengesinin ve nörolojik, renal, pulmoner fonksiyonların bozulmasına yol açabilmektedir (1).

Kalp cerrahisinde kullanılan konvansiyonel KPB devreleri, roller veya santrifugal başlık, venöz rezervuar ve standart hortum setlerini içermektedir. Bu devreler, yüksek prime volüm gereksinimi nedeniyle fazla hemodilüsyona yol açarak koagülasyon faktörlerinin seyrelmesine ve sistemik enflamatuvar yanıtın tetiklenmesine sebep olabilmektedirler. Bu sınırlılıklar, minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım (MiECC) sistemlerinin geliştirilmesindeki temel motivasyonu oluşturmuştur. Güncel Avrupa KPB kılavuzu her iki pompanın da kullanımda olduğunu, güvenlik ve hava yönetimi açısından santrifugal başlıkların pratik üstünlükler sunabildiğini; MiECC gibi kapalı/kısa devre konfigürasyonlarında ise santrifugal pompanın tercih edilmesinin yaygın bir yaklaşım olduğunu belirtmektedir (Şekil 1) (2,3).

MiECC, daha az prime volüm, kapalı devre yapısı ve hava ile temas eden yüzeylerin en aza indirilmesi ile sistemik enflamatuvar yanıtı azaltmayı, kan transfüzyonu ihtiyacını düşürmeyi ve ameliyat sonrası iyileşme sürecini hızlandırmayı hedeflemektedir. Çeşitli çalışmalarda, MiECC kullanımının yoğun bakım ve hastanede

kalış süresini kısalttığı, postoperatif komplikasyonları azalttığı ve kan koruma açısından avantaj sağladığı bildirilmiştir (4-8).

Gereç ve Yöntemler

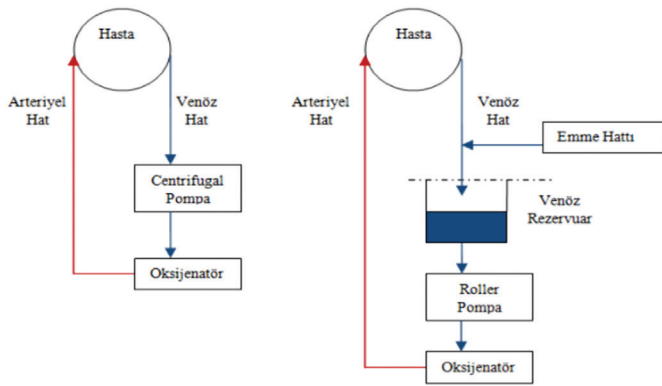
Dışlama kriterleri göz önüne alınarak izole KABG ameliyatına alınan toplam 60 hasta üzerinde yaptığımız bu prospektif çalışmada santrifugal pompa kullanılan konvansiyonel KPB ile MiECC sisteminin; kan transfüzyonu ihtiyacı, enflamatuvar yanıt, postoperatif komplikasyonlar, yoğun bakım ve hastanede kalış süreleri açısından perioperatif hasta iyileşme süreçlerine etkilerini karşılaştırmayı amaçladık.

Araştırmanın Tipi

Çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde izole KABG cerrahisi uygulanan 60 yetişkin hastada, ekstrakorporeal dolaşım için santrifugal pompa kullanılan konvansiyonel KPB ile MiECC sistemlerinin perioperatif hasta iyileşme süreçlerine etkilerini karşılaştırmak ve bu doğrultuda öneriler geliştirmek amacıyla prospektif türde tanımlayıcı olarak yapılmıştır. Çalışmanın etik kurul onayı, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Eğitim ve Araştırma Hastanesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulundan (karar numarası: 2025/08/1104, tarih: 22.04.2025) sayılı kararla alınmıştır. Araştırmaya katılmayı kabul eden tüm bireylerden bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alındı.

Araştırmanın Evren ve Örneklemi

2025 yılı Mayıs-Ekim döneminde 18 yaş üstü, anemisi olmayan, ekstrakorporeal dolaşım için santrifugal pompa kullanılan 60



Şekil 1. MiECC ve CECC karşılaştırılması.

MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım, CECC: Konvansiyonel ekstrakorporeal dolaşım.

hasta çalışmaya dahil edilmiş olup preoperatif ve postoperatif hematokrit, hemoglobin, trombosit (PLT), lökosit, üre, kreatinin, C-reaktif protein (CRP), laktat dehidrogenaz (LDH), total bilirubin, kreatin kinaz-MB izoenzimi (CK-MB) değerleri kaydedildi (Tablo 1, Tablo 2). Araştırmanın örnekleme G*Power 3.1 hesaplayıcı ile tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi (ANOVA) ile iki grup ve 2 ölçüm için yapılan analizde, alfa hata 0,05, güç: 0.80 ve etki büyüklüğü (f) 0,25 olarak alındığında her bir gruba 30 hasta olmak üzere toplam minimum 60 hasta çalışmaya alındığında çalışmanın yeterli olacağı öngörüldü. Araştırmaya katılmayı kabul eden, dahil etme ve dışlanma kriterlerine uygun her bir grupta 30 hasta olmak üzere 60 hasta ile çalışma tamamlandı.

Hastaların Dışlanma Kriterleri

Belirtilen durumlar dışındaki tüm hastalar çalışmanın dışında bırakılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Çalışmaya katılmayı kabul eden hastalardan elde edilen tüm veriler amaçlar doğrultusunda IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) paket programı kullanılarak değerlendirildi. Çalışmada değişkenlere ait frekans, yüzde, ortalama, standart sapma, minimum-maksimum değerler gibi betimleyici istatistikler kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile

değerlendirildi. Gruplar arası karşılaştırmada bağımsız örneklem t-testi ve Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen 60 hasta olup demografik ve klinik özellikleri incelendiğinde; yaş, cinsiyet, kilo, vücut yüzey alanı, beden kitle indeksi, ejeksiyon fraksiyonu (EF), hipertansiyon, diabetes mellitus, asetilsalisilik asit kullanımı açısından her iki grup arasında anlamlı farklar bulunmadığı ($p > 0,05$) ve randomizasyonun başarılı olduğunu görülmektedir (Tablo 3).

Her iki grupta anastomoz sayısı, KPB süresi, aortik kros klemp (AKK) süresi, kros-klemp koyulduktan sonraki laktat (giriş), kros-klemp çıkartıldıktan sonraki laktat (çıkış), laktat farkı, intraoperatif eritrosit süspansiyonu ve taze donmuş plazma kullanımı arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). KPB öncesi, KPB süresince 1. ve 2. aralıklarda alınan aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı (ACT) değerlerindeki fark ise anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4).

Verilen sıvı karşılaştırmasında; KPB süresince pompadan verilen sıvı açısından iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p > 0,05$) anestezi tarafından verilen sıvı ise santrifugal konvansiyonel KPB grubunda 2270 mL, MiECC grubunda 1600 mL olup aradaki fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Hastaların çıkardığı sıvı takibi karşılaştırmasında; KPB süresince idrar çıkışında anlamlı bir fark yokken ($p > 0,05$), KPB öncesinde idrar çıkışı santrifugal konvansiyonel KPB grubunda 349 mL, MiECC grubunda 221 mL olup aradaki fark anlamlı bulunmuştur ($p = 0,01$). Aynı şekilde toplam idrar çıkışı santrifugal konvansiyonel KPB grubunda 1213 mL, MiECC grubunda 910 mL olup aradaki fark anlamlı bulunmuştur ($p = 0,04$). Her iki grupta aldığı-çıkardığı sıvı takibi karşılaştırmasında; genel denge santrifugal konvansiyonel KPB grubunda 896 mL, MiECC grubunda 531 mL olup aradaki fark anlamlı bulunmuştur ($p = 0,01$) (Şekil 2).

Santrifugal konvansiyonel KPB ve MiECC grupları arasında yapılan karşılaştırmada; postoperatif 0. saat, 6. saat, 24. saat ve 48. saat hematokrit değerlerinde anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Santrifugal konvansiyonel KPB ve MiECC grupları arasında

Tablo 1. Gruplar arası KPB karşılaştırılması.

	Santrifugal konvansiyonel KPB	MiECC
Venöz rezervuar	Var	Yok
Oksijenatör	Entegre arteriyel filtrelili	Entegre arteriyel filtrelili
Pompa	Santrifugal	Santrifugal
Prime volüm	1200-1500 mL	1000-1200 mL
Kardiyopleji	Del Nido	Del Nido
Ototransfüzyon (cell saver)	Yok	Var

KPB: Kardiyopulmoner bypass, MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım.

Tablo 2. Hastalardan toplanan veriler.

Preoperatif	İntraoperatif	Postoperatif
Yaş	Anastomoz sayısı	Hematokrit*
Cinsiyet	Aortik kros klemp süresi (dk)	Hemoglobin*
Boy	Kardiyopulmoner bypass süresi (dk)	Trombosit*
Kilo	ACT (sn)**	Lökosit*
Ejeksiyon fraksiyonu	Kros klemp sonrası laktat değeri (giriş)	Üre*
Hematokrit	Kros klemp kaldırıldıktan sonraki laktat değeri (çıkış)	Kreatinin*
Hemoglobin	İntraoperatif eritrosit süspansiyonu kullanım miktarı (ünite)	CRP*
Trombosit	İntraoperatif taze donmuş plazma kullanım miktarı (ünite)	Laktat dehidrogenaz*
Lökosit	KPB süresince pompadan alınan sıvı (mL)	Total bilirübin*
Üre	Anestezi tarafından verilen sıvı (mL)	Kreatin kinaz-MB izoenzimi*
Kreatinin	KPB öncesi idrar çıkışı (mL)	Postoperatif drenaj (mL) (postoperatif 0-24. saat)
C-reaktif protein	KPB süresince idrar çıkışı (mL)	Postoperatif eritrosit Süspansiyonu kullanım miktarı (ünite)
Laktat dehidrogenaz	Toplam idrar çıkışı (mL)	Postoperatif taze donmuş plazma kullanım miktarı (ünite)
Total bilirübin		Mekanik ventilasyon süresi (saat)
Kreatin kinaz-MB izoenzimi		Yoğun bakımda kalış süresi (gün)
		Serviste kalış süresi (gün)

*Postoperatif biyokimya takip zamanları: T₁: Postoperatif 0. Saat; T₂: Postoperatif 6. Saat; T₃: Postoperatif 24. Saat; T₄: Postoperatif 48. Saat; T₅: Postoperatif 5. gün veya taburculuk öncesi.

**ACT takip zamanları: T₁: Heparin öncesi; T₂: Kardiyopulmoner bypass öncesi; T₃: Kardiyopulmoner bypass süresince alınanlar 1; T₄: Kardiyopulmoner bypass süresince alınanlar 2; T₅: Kardiyopulmoner bypass sonrası; T₆: Postoperatif 0. saat.

ACT: Aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı, T: Time, KPB: Kardiyopulmoner bypass, CRP:C-reaktif protein.

yapılan karşılaştırmada; postoperatif 48. saat hemoglobin değerinde anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Şekil 3 ve Şekil 4).

Santrifugal konvansiyonel KPB ve MiECC grupları arasında yapılan karşılaştırmada; postoperatif 0. saat, 6. saat, 24. saat ve 48. saat LDH değerlerinde anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Şekil 5)

Santrifugal konvansiyonel KPB ve MiECC grupları arasında yapılan karşılaştırmada; postoperatif 6. saat total bilirübin değerinde anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Şekil 6).

Preoperatif, postoperatif 0, 6, 24, 48'inci saatler ve taburculuk öncesi yapılan testlerde Lökosit, PLT, üre, kreatinin ve CRP sonuçları her iki grup arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Postoperatif dönem bulguları açısından ise ilk 24 saat postoperatif drenaj, postoperatif eritrosit süspansiyonu kullanım miktarı, postoperatif taze donmuş plazma kullanım miktarı, yoğun bakımda kalış süresinde MiECC grubu lehine anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Buna karşın mekanik ventilasyon süresi ve serviste kalış süresi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 5).

Tartışma

KABG cerrahisi genellikle KPB ile yapılmakta olup, perfüzyon devresi ve pompa seçimi, hemodinamik stabilite, kan koruma ve organ perfüzyonu üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Güncel Avrupa KPB kılavuzları roller ve santrifugal pompaların yaygın kullanımında olduğunu, güvenlik ve hava yönetimi açısından santrifugal başlıkların pratik üstünlükler sunabildiğini; MiECC gibi kapalı/kısa devre konfigürasyonlarında ise santrifugal pompanın tercih edildiği yaygın bir yaklaşım olduğunu belirtmektedir (1,9).

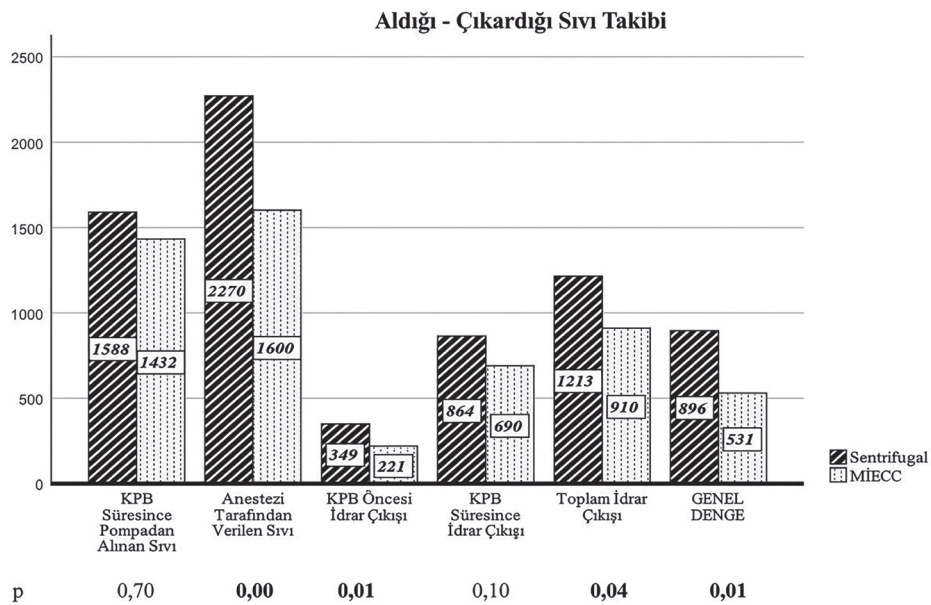
Çalışmamızda KPB süresi ve AKK süresi her iki grupta benzer bulunmuş olup güncel derleme ve karşılaştırmalı çalışmalarda da benzer şekildedir. (7,10,11). Bu sonuçlardan yola çıkarak, devre seçiminin KPB süresi ve AKK sürelerini etkilemediğini söyleyebiliriz.

Literatürde KPB sırasında laktat artışının; oksijen sunumunun (DO_2) azalması, CO_2 üretiminin artması ve oksijen ekstraksiyon oranının (O_2ER) yükselmesi ile ilişkili olduğu, uzamış yetersiz oksijen iletiminin anaerobik metabolizmayı tetikleyerek hiperlaktatemiye ve buna bağlı olumsuz klinik sonuçlara zemin hazırlayabildiği bildirilmektedir (12,13).

Tablo 3. Hastaların demografik ve klinik özelliklerine göre dağılımı.

	Santrifugal KPB (n = 30)		MiECC (n = 30)		p*
	Ortalama ± SS		Ortalama ± SS		
Yaş	59,20 ± 9,09 (min: 42 maks: 83)		61,43 ± 7,42 (min: 47 maks: 75)		0,30
Kilo (kg)	81,90 ± 12,77 (min: 60 maks: 109)		77,57 ± 8,46 (min: 62 maks: 102)		0,12
Vücut yüzey alanı	1,93 ± 0,32 (min: 1,40 maks: 2,56)		1,80 ± 0,24 (min: 1,37 maks: 2,51)		0,07
Beden kitle indeksi	28,38 ± 4,98 (min: 19,41 maks: 40,04)		27,74 ± 3,02 (min: 21,45 maks: 33,53)		0,55
Ejeksiyon fraksiyonu	56,5 ± 10,01 (min: 35 maks: 65)		55,67 ± 12,64 (min: 30 maks: 65)		0,77
	n	%	n	%	
Cinsiyet					
Erkek	23	76,7	24	80	0,75
Kadın	7	23,3	6	20	0,75
Komorbiditeler					
Hipertansiyon	17	56,7	22	73,3	0,18
Diabetes mellitus	17	56,7	19	63,3	0,60
İlaç kullanımı					
Asetilsalisilik asit kullanımı	12	40	16	53,3	0,30

*İki grup karşılaştırmalarında "bağımsız örneklem t-testi" veya "Mann-Whitney U Testi".
Min: Minimum, Maks: Maksimum, KPB: Kardiyopulmoner bypass, MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım, SS: Standart sapma.

**Şekil 2.** Hastaların intraoperatif aldığı-çıkardığı sıvı takibinin karşılaştırılması.

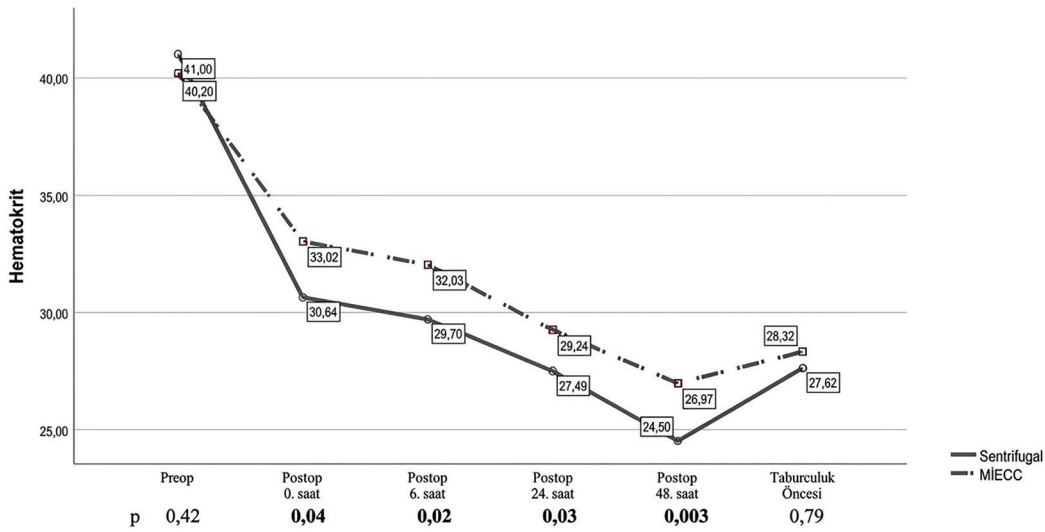
KPB: Kardiyopulmoner bypass, MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım.

Çalışmamızda KPB giriş ve çıkış laktat değerleri arasında her iki grup açısından anlamlı fark saptanmamıştır. Bu durum, intraoperatif dönemde perfüzyonun ve DO_2 her iki devre türünde de klinik olarak karşılaştırılabilir düzeyde sürdürüldüğünü düşündürmektedir.

Çalışmamızda MiECC grubunda daha düşük ACT ($\approx 250-350$ sn), konvansiyonel KPB'da ise yüksek ACT (≥ 480 sn) değerleriyle çalışılmış olup bu durum güncel kılavuz ve uzlaşma belgeleriyle uyumludur. Avrupa Kardiyotorasik Cerrahi Derneği, Avrupa Kardiyotorasik Anesteziyoloji Derneği ve Avrupa Kardiyovasküler Perfüzyon Kurulu tarafından yayımlanan kılavuzlar, antikoagülasyon hedeflerinin devre türü ve klinik

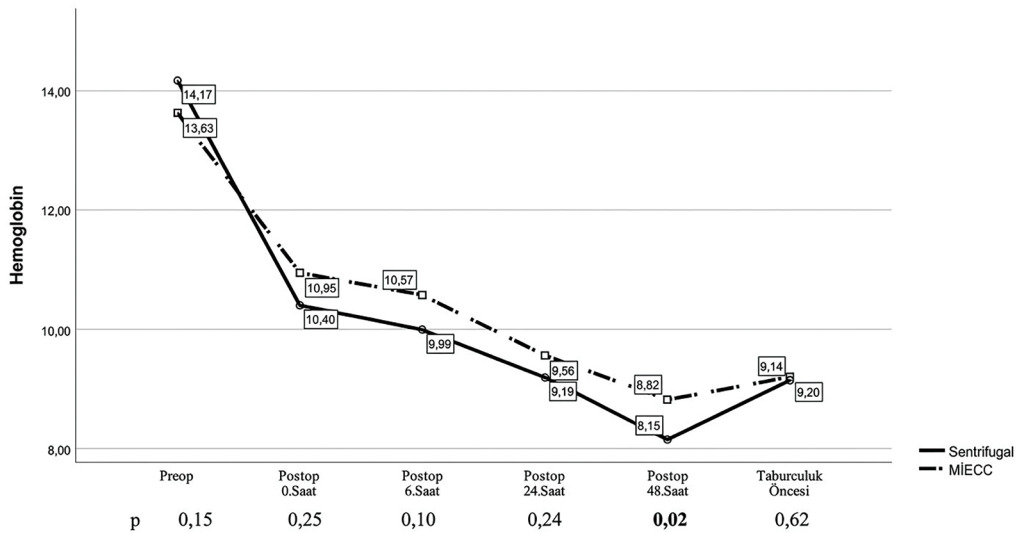
protokollerine göre belirlenmesini; kapalı/kısa hatlı ve yüzeyi kaplamalı devrelerde daha düşük ACT stratejilerinin dikkatli takip koşuluyla uygulanabileceğini vurgulamaktadır. Buna karşın, venöz rezervuarlı açık devre için erişkin cerrahide ≥ 480 sn geleneksel hedef olmaya devam etmektedir (1,2,5,10,11,14).

Çalışmamızda MiECC ile konvansiyonel açık devre arasında gözlenen sıvı dengesi farklılıkları, öncelikle prime volümün azalması ve kısa/kapalı hat türünün getirdiği hemodilüsyon azalmasıyla uyumludur. Literatürde MiECC uygulamalarının daha düşük prime, daha yüksek intraoperatif hematokrit, daha az kanama ve transfüzyon gereksinimi ile ilişkili olduğu tekrarlayan biçimde bildirilmiştir; bu etki, devre kaplaması ve kardiyotomi



Şekil 3. Hastaların hematokrit sonuçlarının karşılaştırılması.

MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım.



Şekil 4. Hastaların hemoglobin sonuçlarının karşılaştırılması.

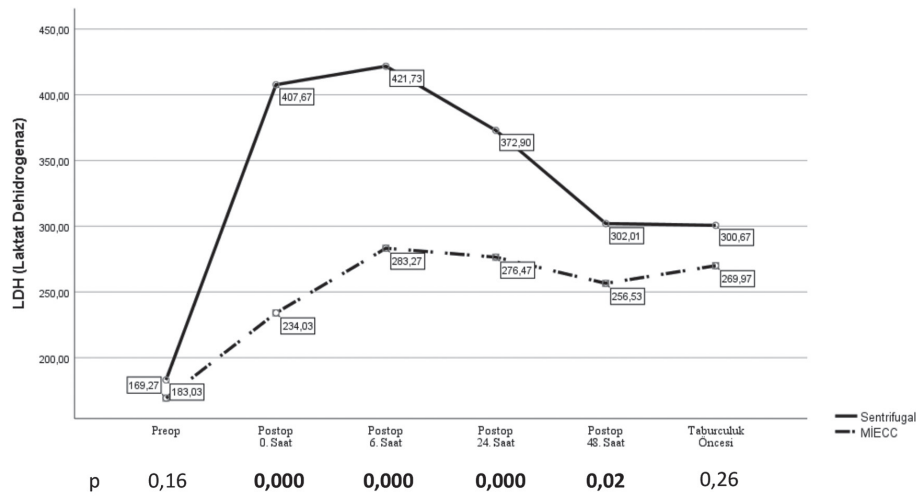
MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım.

aspirasyonu yönetimi gibi eşlik eden unsurlarla birlikte “kan koruma” yaklaşımının temel bileşeni kabul edilmektedir (1,2,15). Pozitif sıvı dengesinin böbrek perfüzyonunu olumsuz etkileyebileceği, endotelial geçirgenliği artırarak ödem ve akut böbrek yetmezliği (ABY) riskini yükseltebileceği yönünde veriler giderek güçlenmektedir; yapılan çalışmalar ameliyat sırasında liberal sıvı stratejilerinin ABY ve morbidite artışı ile ilişkili olabileceğini vurgular (6,7,16-18).

İdrar çıkışı KPB grubunda anlamlı şekilde yüksek bulunmuş olup bu durumun renal perfüzyonun ve sıvı/antikoagülasyon stratejilerinin devre türüyle ilişkili olduğunu düşündürmektedir. İdrar çıkışı, böbrek perfüzyonu ve glomerüler filtrasyonun

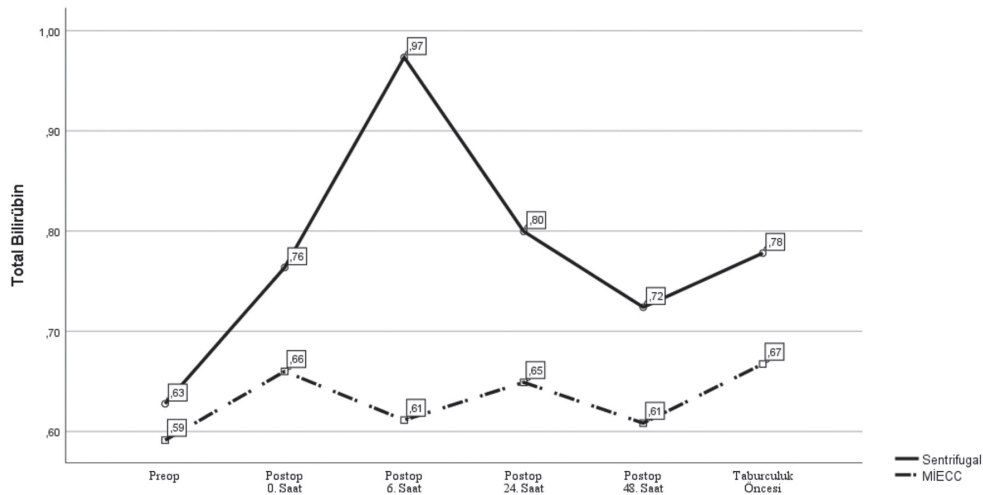
dolaylı bir göstergesi olmakla birlikte; diüretik kullanımı, hipotermi, hemodilüsyon ve perfüzyon akımı gibi intraoperatif değişkenlerden de kolaylıkla etkilenir. Bu nedenle güncel literatür, kardiyak cerrahi ilişkili ABY değerlendirmesinde KDIGO kriterlerinin (serum kreatinin ve idrar çıkışı) birlikte yorumlanmasını; idrar çıkışının tek başına değerlendirilmesi aşırı sınıflandırma riski taşıyabileceğini vurgulamaktadır (15,18).

Hematokrit ve hemoglobin değerleri preoperatif dönemde her iki grupta benzer olmasına karşın, postoperatif dönemde MiECC grubu lehine anlamlı olarak daha yüksek seyrettiği; taburculuk öncesinde ise grupların yeniden yakınlaştığı görülmüştür. Bu sonucun MiECC'nin kapalı/kısa devre, düşük prime volüm,



Şekil 5. Hastaların LDH sonuçlarının karşılaştırılması.

LDH: Laktat dehidrogenaz., MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım.



Şekil 6. Hastaların total bilirubin sonuçlarının karşılaştırılması.

MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım.

kaplamalı yüzeyler ve kardiyotomi aspirasyonu sınırlandırılması özellikleri ile uyumlu olduğunu düşündürmekte olup erken dönemde kan koruma üstünlüğüne işaret eder. Nitekim randomize çalışmalar ve derlemeler, MiECC'nin konvansiyonel açık devreye kıyasla intraoperatif hemoglobin/hematokrit düşüşünü sınırladığını, kristalloid gereksinimini ve eritrosit transfüzyon kullanım oranlarını azalttığını göstermektedir (4,7,16,19,20-22). Çalışmamızda taburculuk öncesinde hematokrit ve hemoglobin değerlerinin yaklaşması, perioperatif dönemdeki sıvı dengesi ve eritropoez artışı ile ilişkili olabilir; ayrıca güncel kılavuzlarda önerilen restriktif transfüzyon stratejilerinin yaygınlaşması gruplar arasındaki geç dönem farkı sınırlayabilir (11,15,23,24).

Çalışmamızda lökosit ve CRP'nin iki devre türünde benzer seyretmesi; her iki grupta santrifugal pompa kullanımı, AKK/KPB sürelerinin benzerliği ve akım–basınç–hemodilüsyon hedeflerinin benzer düzeylerde olmasına bağlı olarak, devre kaynaklı uyarının “ortak cerrahi travma” sinyaline göre görece sınırlı kalmasıyla açıklanabilir. Nitekim çağdaş rehber ve derlemeler CRP'nin cerrahi travma, transfüzyon ve komorbiditelerden de etkilenen özgül olmayan bir belirteç olduğunu; tek başına devre seçimiyle anlamlı şekilde ayırmayabileceğini not etmektedir (6,16,25-27).

Aynı şekilde çalışmamızda her iki grupta da üre ve kreatinin değerleri tüm ölçümlerde benzer seyretmiş ve istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamış olup intraoperatif DO₂, akım–hematokrit hedefleri ve pompa yönetiminin iki devre

Tablo 4. Hastaların intraoperatif dönemdeki özelliklerinin karşılaştırılması.

	Santrifugal KPB (n = 30)	MiECC (n = 30)	
	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	p*
Anastomoz sayısı	3,10 ± 0,84	3,53 ± 0,90	0,06
Aortik kros – klemp süresi (dk)	60,23 ± 15,09	65,23 ± 19,72	0,10
Kardiyopulmoner bypass süresi (dk)	100,40 ± 23,76	109,57 ± 26,59	0,09
Kros–klemp sonrası laktat (giriş)	1,34 ± 0,63	1,24 ± 0,43	0,84
Kros–klemp açıldıktan sonraki laktat (çıkış)	1,56 ± 0,76	1,45 ± 0,43	0,94
Laktat farkı	0,22 ± 0,36	0,21 ± 0,31	0,60
Intraoperatif eritrosit süspansiyonu kullanımı (ünite)	0,63 ± 1,09	0,27 ± 0,64	0,09
Intraoperatif taze donmuş plazma kullanımı (ünite)	0,07 ± 0,25	0,03 ± 0,18	0,55
ACT (sn)			
Heparin öncesi	137,2 ± 19,86	139,73 ± 21,09	0,52
KPB öncesi	536,8 ± 82,44	302,13 ± 46,24	0,00
KPB süresince alınan 1	621,13 ± 126,92	257,27 ± 51,16	0,00
KPB süresince alınan 2	545,5 ± 126,29	268,17 ± 40,3	0,00
KPB sonrası	126,03 ± 15,93	121,97 ± 18,11	0,40
Postoperatif 0. saat	121 ± 15,42	120,93 ± 14,65	0,92

*İki grup karşılaştırmalarında “bağımsız örneklem t–testi” veya “Mann–Whitney U testi”.

KPB: Kardiyopulmoner bypass, MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım, ACT: Aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı, SS: Standart sapma.

Tablo 5. Hastaların postoperatif dönemdeki özelliklerinin karşılaştırılması.

	Santrifugal KPB (n = 30)	MiECC (n = 30)	
	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	p*
Postoperatif drenaj (ilk 24 saat)	640,0 ± 235,0	500,0 ± 202,1	0,01
Postoperatif eritrosit süspansiyonu kullanım miktarı (ünite)	1,63 ± 1,22	1 ± 0,95	0,04
Postoperatif taze donmuş plazma kullanım miktarı (ünite)	0,7 ± 0,7	0,23 ± 0,43	0,005
Mekanik ventilasyon süresi (saat)	6,26 ± 3,68	6,3 ± 2,24	0,42
Yoğun bakımda kalış süresi (gün)	1,41 ± 0,88	1,09 ± 0,35	0,01
Serviste kalış süresi (gün)	4,28 ± 1,14	4,18 ± 1,28	0,91

*İki grup karşılaştırmalarında “bağımsız örneklem t–testi” veya “Mann–Whitney U testi”.

KPB: Kardiyopulmoner bypass, MiECC: Minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım, SS: Standart sapma.

türünde de klinik olarak eşdeğer düzeyde sağlanabildiğini düşündürmektedir. Güncel perfüzyon rehberleri ve çalışmalar da, akut böbrek hasarı (ABH) riskinin DO₂ indeksinin eşik değerinin altına düşmesi ve derin hemodilüsyonla yakından ilişkili olduğunu belirtmektedir (2,6,7,20,28-30).

Çalışmamızda preoperatif LDH ve bilirubin değeri her iki grupta benzer olmasına karşın, postoperatif dönemde MiECC grubunda daha düşük ($p < 0,05$) seyretmiş olup taburculuk öncesinde grupların yeniden yakınlaştığı görülmüştür. MiECC grubunda daha düşük LDH tepeleri, konvansiyonel açık sistemde izlenen belirgin artışa kıyasla hemoliz ve/veya doku hasarı yükünün daha sınırlı olabileceğine işaret etmektedir. LDH'nin KPB sırasında yükselmesi beklenen bir bulgudur; eritrosit mekanik stresi ve hava–kan yüzeyiyle temas hemolize neden olur; bu durum plazma serbest hemoglobinin (pHb) artışıyla ortaya çıkar. Ayrıca iskemi–reperfüzyon ve sistemik enflamatuvar yanıt da LDH'yi yükseltir (10,25,31,32). Yapılan çalışmalarda KPB sonrası erken biyokimyasal yanıtın, enflamasyon ve organ perfüzyonundaki farklılıklara duyarlı olduğu; MiECC'nin sistemik enflamatuvar belirteçlerdeki yükselişi kısmen zayıflatabildiği bildirilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızdaki erken dönemde LDH'nin MiECC'de daha ılımlı seyretmesiyle uyumludur. Ayrıca, postoperatif dönemde LDH'ye paralel değerlendirilmesi gereken pHb, haptoglobin ve bilirubin gibi hemolizle ilişkili parametrelerin klinik bağlamda yorum gücünü artırdığı bildirilmiştir; bu nedenle LDH farkının hastane seyri (ABH, transfüzyon gereksinimi, YBÜ kalışı) ile ilişkilendirilmesi ileri analizlerde değerli olacaktır (25,26,33). Sonuç olarak, MiECC lehine gözlenen daha düşük LDH pikleri, devre tasarımının hemoliz ve doku hasarı belirteçleri üzerindeki olası koruyucu etkisini düşündürmektedir. Bu sonuç, MiECC'nin kan travmasını ve enflamatuvar yükü azaltabileceğini bildiren güncel literatürle tutarlıdır; ancak LDH çok etmenli bir belirteç olduğundan, hemolizi doğrudan yansıtan pHb ile birlikte çoklu biyobelirteç yaklaşımıyla doğrulanması önerilir.

Aynı şekilde CK–MB değerleri iki grup arasında anlamlı biçimde ayrılmamıştır. Bu sonuç, iki devre türünde de miyokardiyal korunmanın ve iskemi–reperfüzyon kontrolünün klinik olarak benzer düzeyde sağlandığına işaret etmektedir. Bununla birlikte, miyokard hasarının daha duyarlı saptanması için troponin temelli ölçümlerin, MiECC ve açık sistem santrifugal devrelerin karşılaştırıldığı prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumludur (6,16,19,25,34).

Postoperatif dönem bulgularının karşılaştırılmasına MiECC grubunda göğüs tüpü drenajının santrifugal konvansiyonel KPB grubundan anlamlı olarak daha düşük ($p < 0,05$) eritrosit süspansiyonu ve TDP kullanımının daha az olduğu; YBÜ kalış süresinin de kısaldığı bulundu. Bu bulgular pıhtılaşma–fibrinoliz dengesini zorlayan hava–kan arayüzünün azaltılması, daha düşük prime volüm ve kapalı devre türü sayesinde hemodilüsyonun sınırlandırılması, kardiyotomi aspiratının devreye geri verilmemesi/

ototransfüzyonla yönetilmesi ve santrifugal pompa kullanımı gibi MiECC'e özgü özelliklerle uyumludur. Güncel kılavuzlar ve yeni çalışmalar, bu mekanizmaların postoperatif kanama ve allojenik kan ürününe gereksinimi azaltabildiğine işaret etmektedir (6,23,35). Literatürde MiECC ile konvansiyonel açık devreyi karşılaştıran serilerde, özellikle KABG hastalarında MiECC grubunda kan kaybı ve transfüzyon oranlarının anlamlı biçimde azaldığı; buna bağlı olarak erken dönemde mekanik ventilatörde ve yoğun bakımda kalışın kısaldığı rapor edilmiştir (6,7,16,36,37). Çalışmamızın yapıldığı merkezde 2024'te yayımlanan tek merkezli bir çalışmada MiECC, drenaj ve kan ürünleri açısından daha avantajlı bulunmuş; 2025 tarihli başka bir karşılaştırmalı çalışmada da MiECC'in postoperatif kan kaybını azalttığı bildirilmiştir. Bizim verilerimiz, bu eğilimle örtüşmektedir (20,26).

Çalışmamızda mekanik ventilasyon süresi, santrifugal konvansiyonel KPB ve MiECC grupları arasında benzer bulunmuş olup bu sonuç, devre türü yanından anestezi/perfüzyon yaklaşımı, opioid/analjezik stratejisine, rezidüel nöromusküler blokajın önlenmesine, normotermiye, kanama–transfüzyon yönetimine, sıvı dengesi ve hemodinamiye, ventilatör ayarlarına ve protokollere bağlıdır. Bu belirleyiciler optimize edildiğinde, MiECC'nin enflamatuvar yükü ve hemodilüsyonunu azaltma potansiyeli teorik olarak ekstübasyon süresini kısaltabilir; ancak literatürde bu etkinin tutarlı ve büyük bir fark yaratmadığı, merkez protokollerinin baskın belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (2,38,39).

Yoğun bakım kalış süresi, çalışmamızda MiECC grubunda anlamlı olarak daha kısa bulunmuş ($p = 0,91$) olup MiECC'nin kapalı ve kısa devre türü, daha düşük prime volüm ve entegre hava/partikül yönetimi sayesinde erken dönemde hemodinamik ve pulmoner stabilitenin daha hızlı sağlanmasına katkı verebileceği yönündeki kuramsal beklentiyle uyumludur. MiECC lehine gözlenen kısa yoğun bakım kalışı, klinik olarak “erken toparlanma (fast-track)” hedefleriyle de örtüşür; güncel ERAS–benzeri yaklaşımlar, erken ekstübasyon ve yoğun bakımdan hızlı transfer için kan transfüzyonunu azaltan, enflamasyon ve sıvı yükünü sınırlayan perfüzyon stratejilerini teşvik etmektedir (24,38). Buna karşılık servis kalış süresinin gruplar arasında fark göstermemesi, yoğun bakım sonrası dönemde kalış süresini belirleyen etmenlerin (preoperatif eşlik eden hastalıklar, mobilizasyon/rehabilitasyon hızı, yara bakımı, taburculuk lojistiği vb.) perfüzyon devresi tipinden daha baskın olduğunu düşündürmektedir. Literatürde de yoğun bakım kalışındaki küçük–orta ölçekli kazanımların toplam hastane kalışına her zaman yansımayaabileceği, çünkü servis süresinin çoğu zaman kurumsal protokoller ve taburculuk kriterleriyle şekillendiği vurgulanmaktadır (20,26). Bu nedenle ERAS uyumlu multidisipliner protokoller ve hasta kan yönetimi (PBM) uygulamalarının birlikte devreye alınması önerilmektedir (24,38).

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Hastaların Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- 18 yaş üstü kadın/erkek hastalar
- Anemisi olmayan hastalar (Hb, erkekte 13 g/dL'nin, kadında 12 g/dL'nin üstü)
- Ekstrakorporeal dolaşım için santrifugal pompa kullanılan hastalar
- Bilgilendirilmiş onam verebilme yetisine sahip olan hastalar

Sonuç

Yapmış olduğumuz bu prospektif çalışmanın sonuçlarına göre; demografik özellikler ve cerrahi risk skorları bakımından benzer özelliklere sahip hasta gruplarında, kullanılan devre türündeki değişikliğin klinik ve biyokimyasal sonuçlar üzerinde belirgin etkileri olduğu tespit edilmiştir.

MiECC sisteminin kullanımı ile intraoperatif hemodilüsyonun azaldığı, postoperatif hematokrit ve hemoglobin değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek seyrettiği, MiECC'nin "PBM" protokollerinin etkin bir bileşeni olduğunu, biyokimyasal analizler (LDH ve total bilirubin), MiECC sisteminin kanın şekilli elemanları üzerinde yarattığı mekanik travmanın, konvansiyonel açık sistemlere göre daha az olduğunu, ilk 24 saatteki drenaj miktarı ile eritrosit süspansiyonu ve taze donmuş plazma kullanımının konvansiyonel gruba göre daha az olduğu, yoğun bakımda kalış süresinin daha kısa olduğu ortaya çıkmaktadır.

Özetle; MiECC sisteminin santrifugal başlık içeren konvansiyonel devrelere kıyasla daha az hemodilüsyona neden olduğu, kan hücrelerini mekanik travmadan daha iyi koruduğu, postoperatif kanamayı ve transfüzyon ihtiyacını azalttığı ve yoğun bakım kalış süresini kısalttığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızın verileri ışığında özellikle preoperatif anemisi olan, kan grubu nadir bulunan veya transfüzyonu reddeden hasta gruplarında MiECC sisteminin öncelikli tercih edilmesini, postoperatif morbiditenin azaltılmasına katkı sağlayacağı için uygun KABG olgularında yaygınlaştırılması, daha hassas yönetilmesini gerektirmesi nedeniyle, perfüzyonistlerin MiECC sistemi kullanımı için özel eğitim alması ve "takım yaklaşımı" ile hareket edilmesinin yararlı olacağı düşünülebilir.

Daha kapsamlı ve geniş ölçekli çalışmalarla kronik böbrek yetmezliği, kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan veya düşük EF'li hasta gruplarında MiECC sistemi kullanımının organ koruyucu etkilerinin incelenmesi, "maliyet-etkinlik" çalışmalarının yapılması, daha spesifik sitokinler (interlökin-6, tümör nekroz faktörü-alfa vb.) ve sistatin-C veya nötrofil gelatinoz associated lipokain gibi erken dönem belirteçlerin incelendiği, daha geniş serili moleküler çalışmaların yapılmasıyla daha belirgin sonuçlar

elde edilebileceği ve literatüre önemli katkılar sağlayacağını düşünmekteyiz.

Etik

Etik Kurul Onayı: Sağlık Bilimleri Üniversitesi Koşuyolu Eğitim ve Araştırma Hastanesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (karar numarası: 2025/08/1104, tarih: 22.04.2025) alındı.

Hasta Onayı: Araştırmaya katılmayı kabul eden tüm bireylerden bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alındı.

Dipnot

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: H.D.Ö., Konsept: H.D.Ö., A.K., Dizayn: H.D.Ö., A.K., Veri Toplama veya İşleme: H.D.Ö., A.K., M.E.Ş., S.A., M.M.Ö., Analiz veya Yorumlama: H.D.Ö., A.K., M.E.Ş., S.A., M.M.Ö., K.K., Literatür Arama: H.D.Ö., A.K., M.E.Ş., S.A., Yazan: H.D.Ö., A.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Wahba A, Milojevic M, Boer C, De Somer FMJJ, Gudbjartsson T, van den Goor J, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCC guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020;57(2):210-251.
2. Wahba A, Kunst G, De Somer F, Agerup Kildahl H, Milne B, Kjellberg G, et al. 2024 EACTS/EACTA/EBCC guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg*. 2025;40(2):ivaf002.
3. Topak R. Kardiyopulmoner bypass prime volümündeki değişimin, intraoperatif/postoperatif kan kullanımı ve sistemik inflamasyon üzerine etkisinin değerlendirilmesi [tıpta uzmanlık tezi]. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü; 2022. Available from: <https://avesis.deu.edu.tr/yonetilen-tez/318c6471-5909-4d90-b3fd-2b537897acad/kardiyopulmoner-bypass-prime-volumundeki-degisimin-intraoperatif-postoperatif-kan-kullanimi-ve-sistemik-inflamasyon-uzerine-etkisinin-degerlendirilmesi>.
4. Anastasiadis K, Argiriadou H, Delipoulos A, Antonitsis P. Minimal invasive extracorporeal circulation (MiECC): the state-of-the-art in perfusion. *J Thorac Dis*. 2019;11(Suppl 10):1507-1514.
5. Anastasiadis K, Antonitsis P, Argiriadou H, Delipoulos A. Miniaturizing cardiopulmonary bypass. In Kirali K, Coselli JS, Kalangos A (editors). *Cardiopulmonary bypass*. Academic Press, 2023:529-537.
6. Anastasiadis K, Antonitsis P, Voucharas C, Apostolidou-Kiouti F, Delipoulos A, Haidich AB, et al. Minimal invasive extracorporeal circulation versus conventional cardiopulmonary bypass in cardiac surgery: A contemporary systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2025;67(4):ezaf112.
7. Cheng T, Barve R, Cheng YWM, Ravendren A, Ahmed A, Toh S, et al. Conventional versus miniaturized cardiopulmonary bypass: A systematic review and meta-analysis. *JTCVS Open*. 2021;8:418-441.
8. Shetty T, Darbari A, Sainath P. A narrative review on miniaturized extracorporeal technology and circuits: A revolutionary approach to cardiac surgery. *Cardiothorac Surg*. 2025;33:11.

9. Anastasiadis K, Antonitsis P, Argiriadou H, Deliopoulos A, Grosomanidis V, Tossios P. Modular minimally invasive extracorporeal circulation systems; can they become the standard practice for performing cardiac surgery? *Perfusion*. 2015;30(3):195-200.
10. Anastasiadis K, Murkin J, Antonitsis P, Bauer A, Ranucci M, Gygax E, et al. Use of minimal invasive extracorporeal circulation in cardiac surgery: principles, definitions and potential benefits. A position paper from the Minimal invasive Extra-Corporeal Technologies international Society (MiECTIS). *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016;22(5):647-662.
11. Kunst G, Milojevic M, Boer C, De Somer FMJJ, Gudbjartsson T, van den Goor J, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Br J Anaesth*. 2019;123(6):713-757.
12. Aktaş Yıldırım S, Tosun Canlı M, Güçyetmez B, Toraman F. Is the intraoperative lactate-standard base excess relationship strong in cardiac surgery? *GKDA Derg*. 2024;30(1):9-15.
13. Ranucci M, Carboni G, Cotza M, Bianchi P, Di Dedda U, Aloisio T, et al. Hemodilution on cardiopulmonary bypass as a determinant of early postoperative hyperlactatemia. *PLoS One*. 2015;10(5):e0126939.
14. Rivera Jiménez KE, Mamani Ticona YM, Gutierrez-Chavez G, Astudillo CO, Calle E, Heredia GAT, et al. Heparin resistance in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: Mechanisms, clinical implications, and evidence-based management. *Medicina (Kaunas)*. 2025;61(12):2088.
15. Tibi P, McClure RS, Huang J, Baker RA, Fitzgerald D, Mazer CD, et al. STS/SCA/AmSECT/SABM update to the clinical practice guidelines on patient blood management. *Ann Thorac Surg*. 2021;112(3):981-1004.
16. Elçi ME, Kahraman A, Mutlu E, İspir CS. Effects of minimal extracorporeal circulation on the systemic inflammatory response and the need for transfusion after coronary bypass grafting surgery. *Cardiol Res Pract*. 2019;1726150.
17. İnal K, Yerli İ, Kocailik A, Karasu H, Gürcü ME, Kırallı MK. Comparison of the effects of MiECC and conventional CPB methods with autologous blood on intraoperative hemodilution and blood utilization in patients undergoing isolated coronary artery bypass grafting. *Turk J Clin Cardio Perfusion*. 2024;2(2):38-46.
18. Palomba H, Trembl RE, Caldonazo T, Katayama HT, Gomes BC, Malbouissou LMS, et al. Intraoperative fluid balance and cardiac surgery-associated acute kidney injury: A multicenter prospective study. *Braz J Anesthesiol*. 2022;72(6):688-694.
19. Ellam S, Räsänen J, Hartikainen J, Selander T, Juutilainen A, Halonen J. Impact of minimal invasive extracorporeal circulation on perioperative intravenous fluid management in coronary artery bypass surgery. *Perfusion*. 2023;38(1):135-141.
20. Ozgur MM, Aksüt M, Ozer T, Gurel B, Yerli İ, Şimşek M, et al. Comparison of minimal invasive extracorporeal circulation versus standard cardiopulmonary bypass systems on coronary artery bypass surgery. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg*. 2024;32(2):141-150.
21. Pereira SN, Zumba IB, Batista MS, Pieve Dd, Santos Ed, Stuermer R, et al. Comparison of two techniques of cardiopulmonary bypass (conventional and mini CPB) in the trans- and postoperative periods of cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2015;30(4):433-442.
22. Puis L, Milojevic M, Boer C, De Somer FMJJ, Gudbjartsson T, van den Goor J, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2020;30(2):161-202.
23. Casselman FPA, Lance MD, Ahmed A, Ascari A, Blanco-Morillo J, Bolliger D, et al. 2024 EACTS/EACTAIC Guidelines on patient blood management in adult cardiac surgery in collaboration with EBCP. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg*. 2025;40(5):ivae170.
24. Erdoes G, Koster A, Haas T. The Current Value of Patient Blood Management in Cardiac Surgery: WHO Can Help to Improve? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2026;40(1):28-30.
25. Halle DR, Benhassen LL, Søberg KL, Nielsen PF, Kimose HH, Bauer A, et al. Impact of minimal invasive extracorporeal circulation on systemic inflammatory response: A randomized trial. *J Cardiothorac Surg*. 2024;19(1):418.
26. Kırallı K, Aksüt M, Altaş Ö, Gürcü ME, Aydın S. Comparative analysis of perioperative outcomes between hybrid system and MiECC: A prospective pilot study. *J Extra Corpor Technol*. 2025;57:74-81.
27. Motawea KR, Ibrahim M, Amer AE, Kandil O, Abourady Y, Pelletier M, et al. Comparison of post-operative inflammatory biomarkers between minimal invasive extracorporeal circulation and conventional extracorporeal circulation in cardiac surgery: A meta-analysis of 15 randomized control trials. *Perfusion*. 2025.
28. Brown JK, Shaw AD, Mythen MG, Guzzi L, Reddy VS, Crisafi C, et al. Adult cardiac surgery-associated acute kidney injury: Joint consensus report. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2023;37(9):1579-1590.
29. Graßler A, Bauernschmitt R, Guthoff I, Kunert A, Hoenicka M, Albrecht G, et al. Effects of pulsatile minimal invasive extracorporeal circulation on fibrinolysis and organ protection in adult cardiac surgery: A prospective randomized trial. *J Thorac Dis*. 2019;11(Suppl 10):1453-1463.
30. Scurt FG, Bose K, Mertens PR, Chatzikyriou C, Herzog C. Cardiac surgery-associated acute kidney injury. *Kidney360*. 2024;5(6):909-926.
31. Bhirowo YP, Raksawardana YK, Setianto BY, Sudadi S, Tandean TN, Zaharo AF, et al. Hemolysis and cardiopulmonary bypass: Meta-analysis and systematic review of contributing factors. *J Cardiothorac Surg*. 2023;18(1):291.
32. Passaroni AC, Felicio ML, Campos NLKL, Silva MAM, Yoshida WB. Hemolysis and inflammatory response to extracorporeal circulation during on-pump CABG: comparison between roller and centrifugal pump systems. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2018;33(1):64-71.
33. Modrau IS, Halle DR, Nielsen PH, Kimose HH, Greisen JR, Kremke M, et al. (2020). Impact of minimally invasive extracorporeal circulation on coagulation: A randomized trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020;57(6):1145-1153.
34. Doğan S. Koroner by-pass cerrahisinde minimal invaziv ekstrakorporeal dolaşım ile konvansiyonel kalp akciğer makinesinin klinik, laboratuvar ve hemostaz parametreleri açısından karşılaştırılması [doktora tezi]. Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi; 2025. Available from: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/items/16526acf-d7c7-4931-b324-eb334a4d4cd4>
35. Pabón-Carrasco M, Cáceres-Matos R, Martínez-Flores S, Luque-Oliveros M. The effectiveness of cell salvage in extracorporeal circulation surgeries in relation to use of health resources after use: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*. 2024;10(9):e30459.
36. Ali JM, Kovzel M, McPhillimey E, Colah S, De Silva R, Moorjani N. Minimally invasive extracorporeal circulation is a cost-effective alternative to conventional extracorporeal circulation for coronary artery bypass grafting: propensity matched analysis. *Perfusion*. 2021;36(2):154-160.
37. Puehler T, Haneya A, Philipp A, Wiebe K, Keyser A, Rupprecht L, et al. Minimal extracorporeal circulation: An alternative for on-pump and off-pump coronary revascularization. *Ann Thorac Surg*. 2009;87(3):766-772.
38. Gunaydin S, Simsek E, Engelman D. Enhanced recovery after cardiac surgery and developments in perioperative care: A comprehensive review. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg*. 2025;33(1):121-131.
39. Jiang T, Xu L, Zheng Q, Zhang Y, Wang S, Wang Y, et al. Implementing ultra- fast-track cardiac anesthesia in minimally invasive cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2025;39(8):2031-2039.