

Koroner Arter Bypass Greftleme Cerrahisinde Kardiyopulmoner Bypass Süresinin Yoğun Bakım ve Hastane Yatış Süresine Etkisi: Retrospektif Bir Çalışma

Impact of Cardiopulmonary Bypass Duration on Intensive Care and Hospital Length of Stay in Coronary Artery Bypass Grafting

İsmail Yerli¹, Gökhan Tunç^{1,2}, Beyza Güneş¹, Ayhan Güneş¹

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Perfüzyon Bölümü, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Kalp cerrahisinin vazgeçilmezlerinden olan kardiyopulmoner bypass (KPB) sistemleriyle uygulanan perfüzyon yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarının sürekli olarak değerlendirildiği bilinmektedir. KPB süresinin uzamasının postoperatif klinik sonuçlar üzerine etkileri halen araştırılmaktadır. Biz de bu çalışmada perfüzyon süresinin hastanede yatış süresine olan etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Ocak 2019 ile Aralık 2020 tarihleri arasındaki açık kalp ameliyatları içerisinde koroner arter bypass greftleme (KABG) operasyonu olan hastalardan perfüzyon süresi 100 dakika üzerinde ve altında olanları iki grup halinde retrospektif olarak inceledik. Hastaların demografik verileri, hematolojik ve biyokimyasal parametreleri, yoğun bakım ünitesi ve hastane yatış süreleri değerlendirildi. Bu hastaların perfüzyon sürelerinin hastaların hastanede yatış sürelerine etkisi değerlendirilmiştir.

Bulgular: Uzamış KPB süresi; yoğun bakım ve hastanede kalış süresinin uzaması ile postoperatif kreatinin, aminotransferaz ve üre düzeylerinin artışıyla ilişkili bulunurken, demografik özellikler ve çoğu hematolojik parametrede anlamlı fark saptanmadı.

Sonuç: Bu çalışmada, KPB eşliğinde gerçekleştirilen KABG ameliyatı uygulanan hastalarda, KPB süresinin hastaların hastaneden taburculuk süreleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Literatürde KPB sisteminin çeşitli istenmeyen etkilerinin ortaya çıkmasının büyük ölçüde bypass süresi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Uzamış KPB süreleri; sistemik enflamatuvar yanıt, organ disfonksiyonu ve postoperatif komplikasyonların artışı gibi durumlarla ilişkilendirilmekte olup bu durumların hastaların yoğun bakımda ve hastanede kalış sürelerini uzatabildiği bilinmektedir. Çalışmamızda elde edilen bulgular da KPB süresindeki uzamanın, hastaların taburculuk süreleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle KPB uygulanacak hastalarda, operasyonun güvenli sınırları korunarak bypass süresinin mümkün olan en kısa düzeyde tutulması önem taşımaktadır. Cerrahi ve perfüzyon süreçlerinde gereksiz zaman kayıplarından kaçınılması, postoperatif iyileşme sürecine olumlu katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, daha güçlü ve genellenebilir sonuçlara ulaşabilmek için çalışmanın daha geniş hasta popülasyonları ile desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: KPB, perfüzyon, koroner arter baypas greftleme, yoğun bakım yatış süresi, hastanede kalış süresi

Abstract

Objective: Cardiopulmonary bypass (CPB), an essential component of cardiac surgery, is continuously evaluated regarding the advantages and disadvantages of perfusion techniques. The effects of shorter or prolonged perfusion durations on patient outcomes have been widely discussed. This study aimed to evaluate the impact of perfusion duration on hospital length of stay.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: İsmail Yerli, Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Perfüzyon Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-posta: ismailyerli19@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-7473-8679

Geliş Tarihi/Received: 16.03.2026 **Kabul Tarihi/Accepted:** 18.05.2026 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 18.09.2026

Atf/Cite this article as: Yerli İ, Tunç G, Güneş B, Güneş A. Impact of cardiopulmonary bypass duration on intensive care and hospital length of stay in coronary artery bypass grafting. *Türk J Clin Cardio Perfusion*. 2025;3(3):73-77



Copyright © 2025 Yazar. Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.

Creative Commons Atf-GayriTicari-Türetilemez 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

Materials and Methods: In this retrospective study, patients who underwent coronary artery bypass grafting (CABG) among open-heart surgeries performed at University of Health Sciences Türkiye, Koşuyolu High Specialization Training and Research Hospital between January 2019 and December 2020 were evaluated. Patients were divided into two groups according to CPB duration: <100 minutes and >100 minutes. Demographic characteristics, hematological and biochemical parameters, intensive care unit (ICU) stay, and total hospital length of stay were analyzed to assess the relationship between CPB duration and hospitalization time.

Results: Prolonged CPB duration was associated with significantly longer ICU and hospital stays and higher postoperative urea, creatinine, and aspartate aminotransferase levels. Demographic characteristics, ejection fraction, most hematologic parameters, alanine aminotransferase levels, and extubation times showed no significant differences between groups, indicating that longer CPB duration may adversely affect postoperative recovery and hospitalization.

Conclusion: In this study, the effect of CPB duration on hospital discharge time in patients undergoing CABG was evaluated. Previous studies have shown that many adverse effects associated with CPB are related to the duration of bypass. Prolonged CPB time has been linked to systemic inflammatory response, organ dysfunction, and increased postoperative complications, which may lead to longer ICU and hospital stays. Our findings suggest that longer CPB durations may negatively affect discharge time. Therefore, maintaining the shortest possible bypass duration while ensuring surgical safety is important. Minimizing unnecessary delays during surgical and perfusion procedures may contribute to improved postoperative recovery. Further studies with larger patient populations are required to obtain more robust and generalizable results.

Keywords: CPB, perfusion, coronary artery bypass grafting, intensive care unit length of stay, hospital length of stay

Giriş

Kardiyopulmoner bypass (KPB), koroner arter bypass greftleme (KABG) başta olmak üzere birçok kardiyak cerrahi girişimde cerrahi alanın güvenli şekilde oluşturulmasını sağlayan temel teknolojilerden biridir. Bununla birlikte KPB sırasında kanın yapay yüzeylerle teması, non-fizyolojik akım özellikleri ve sistemik enflamatuvar yanıtın aktive olması nedeniyle çeşitli postoperatif komplikasyonların gelişebildiği bilinmektedir (1,2).

Literatürde uzamış KPB süresinin postoperatif morbidite ve mortalite üzerinde önemli etkileri olduğu gösterilmiştir. Madhavan ve ark. (1), KPB süresindeki her artışın komplikasyon oranları, yoğun bakım yatış süresi ve hastanede kalış süresi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Salis ve ark. (3) KPB süresinin uzamasının renal, pulmoner ve nörolojik komplikasyonlar ile mortalite açısından bağımsız risk faktörü olduğunu göstermiştir. Ayrıca KPB ve aortik kross klemp sürelerinin uzaması, erken postoperatif dönemde olumsuz klinik sonuçlarla ilişkilendirilmektedir (4).

Kardiyak cerrahi sonrasında yoğun bakım ve hastanede kalış süresinin uzaması yalnızca hasta prognozunu değil, aynı zamanda sağlık hizmeti kaynaklarının kullanımı ve maliyetleri de etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda uzamış yoğun bakım yatışının; renal fonksiyon bozukluğu, düşük ejeksiyon fraksiyonu, uzamış mekanik ventilasyon süresi ve intraoperatif faktörlerle ilişkili olduğu bildirilmiştir (5,6). Özellikle KPB süresi ve aortik kross klemp süresi, yoğun bakım yatış süresini etkileyebilen önemli intraoperatif değişkenler arasında yer almaktadır (6,7).

KABG ameliyatlarında KPB süresinin postoperatif sonuçlar üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar bulunmasına rağmen, farklı hasta popülasyonlarında yoğun bakım ve hastane yatış süresi üzerindeki etkileri halen araştırılmaya devam etmektedir. Bu nedenle çalışmamızda, KABG ameliyatı uygulanan hastalarda KPB süresinin yoğun bakım ve hastane yatış süresi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Bu retrospektif çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Koşuyolu Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Ocak 2019-Aralık 2020 tarihleri arasında KABG ameliyatı uygulanan 60 erişkin hasta üzerinde gerçekleştirildi. Hastalar KPB süresine göre iki gruba ayrıldı. Literatürde KPB süresi için evrensel olarak kabul edilmiş bir cut-off değeri bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada, hasta gruplarının oluşturulması amacıyla 100 dakikalık eşik değer kullanılmıştır. Grup 1, KPB süresi 100 dakikanın altında olan 30 hastadan; Grup 2 ise KPB süresi 100 dakika ve üzerinde olan 30 hastadan oluşturuldu.

Çalışmaya elektif şartlarda opere edilen, karotis arter hastalığı ve kronik böbrek yetmezliği bulunmayan, perioperatif verileri eksiksiz olan hastalar dahil edildi. Çalışma için gerekli etik kurul onayı İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alındı (karar no: 389, tarih: 01.04.2021).

Hastalara ait veriler hastane bilgi yönetim sistemi ve arşiv kayıtlarından elde edildi. Yaş, cinsiyet, boy, kilo ve vücut yüzey alanı gibi demografik verilerin yanı sıra preoperatif ve postoperatif üre, kreatinin, aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) değerleri değerlendirildi. Ayrıca ekstübasyon süresi, yoğun bakım yatış süresi ve toplam hastane yatış süresi kaydedildi.

Operasyonlarda aynı cerrahi ekip, aynı anestezi protokolü, aynı perfüzyon stratejisi uygulandı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) programı kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılım göstermeyen veriler için bağımsız gruplarda Mann-Whitney U testi, bağımlı gruplarda Wilcoxon işaretli sıralar

testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen 60 hastanın 30'u KPB süresi 100 dakikanın altında olan Grup 1'e, 30'u ise KPB süresi 100 dakika ve üzerinde olan Grup 2'ye dahil edildi. Gruplar arasında yaş, cinsiyet dağılımı, boy, kilo, vücut yüzey alanı ve ejeksiyon fraksiyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p > 0,05$) (Tablo 1). Buna karşın, ortalama KPB süresi ve aortik kross klemp süresi Grup 2'de anlamlı olarak daha yüksekti ($p < 0,05$) (Tablo 2).

Biyokimyasal parametreler değerlendirildiğinde, uzun KPB süresine sahip grupta postoperatif üre, kreatinin ve AST düzeylerinin anlamlı olarak daha yüksek olduğu belirlendi (sırasıyla $p = 0,020$, $p = 0,025$ ve $p = 0,020$) (Tablo 3 ve Tablo 4). Her iki grupta da ameliyat sonrası beyaz kan hücresi değerlerinde artış, hematokrit, hemoglobin ve trombosit değerlerinde ise

düşüş gözlenmesine rağmen, bu değişiklikler açısından gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p > 0,05$) (Tablo 5). Benzer şekilde ALT ve postoperatif toplam bilirubin düzeyleri bakımından da gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı (Tablo 4).

Çalışmanın temel sonlanım noktaları değerlendirildiğinde, postoperatif ekstübasyon süresi açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p = 0,083$). Buna karşın, yoğun bakım yatış süresi uzun KPB grubunda anlamlı olarak daha yüksekti ($3,16 \pm 2,67$ gün vs. $1,93 \pm 1,01$ gün; $p = 0,006$). Benzer şekilde toplam hastane yatış süresi de Grup 2'de Grup 1'e göre anlamlı düzeyde daha uzundu ($10,83 \pm 7,57$ gün vs. $7,00 \pm 1,64$ gün; $p = 0,005$) (Tablo 6).

Sonuç olarak, uzun KPB süresi; yoğun bakım ve hastanede kalış süresinin uzaması ile postoperatif böbrek fonksiyon göstergeleri ve AST düzeylerindeki artış ile ilişkili bulundu.

Tartışma

Bu çalışmada KABG ameliyatı uygulanan hastalarda KPB süresinin postoperatif klinik sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bulgularımız, KPB süresi 100 dakikanın üzerinde olan hastalarda yoğun bakım yatış süresi ve toplam hastane yatış süresinin anlamlı düzeyde daha uzun olduğunu göstermiştir. Ayrıca uzun KPB süresine sahip hastalarda postoperatif kreatinin, üre ve AST düzeylerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

KPB süresinin uzaması, sistemik enflamatuvar yanıtın artması, organ perfüzyonunda bozulma, hemodilüsyon ve iskemi-reperfüzyon hasarı gibi mekanizmalar nedeniyle postoperatif komplikasyonlarla ilişkilendirilmektedir (8). Salis ve ark.'nın (3) 5000'den fazla hastayı içeren çalışmasında, KPB süresindeki her 30 dakikalık artışın renal, pulmoner ve nörolojik komplikasyon riskini anlamlı olarak artırdığı bildirilmiştir. Çalışmamızda da uzun KPB süresine sahip grupta yoğun bakım ve hastanede kalış sürelerinin daha uzun olması, bu bulgularla uyumlu görünmektedir.

Tablo 1. Demografik ve preoperatif özellikler.

Değişken	Grup 1	Grup 2	p
Yaş (yıl)	59,9 $\pm$ 8,58	60,37 $\pm$ 8,23	0,807
Erkek, n (%)	27 (90)	24 (80)	0,278
Kadın, n (%)	3 (10)	6 (20)	
Boy (cm)	170,70 $\pm$ 9,23	167,53 $\pm$ 8,64	0,114
Kilo (kg)	83,66 $\pm$ 18,78	86,76 $\pm$ 18,00	0,219
BSA (m ²)	1,92 $\pm$ 0,15	1,97 $\pm$ 0,22	0,198
EF (%)	55,50 $\pm$ 10,20	56,33 $\pm$ 11,29	0,639

BSA: Vücut yüzey alanı, EF: Ejeksiyon fraksiyonu.

Tablo 2. KPB ve aortik kros klemp süreleri.

Süre	Grup 1 (n = 30)	Grup 2 (n = 30)	p
KPB	76,93 $\pm$ 17,7	134,60 $\pm$ 22,7	0,042
AKK	43,86 $\pm$ 9,5	75,20 $\pm$ 18,7	0,001

KPB: Kardiyopulmoner bypass, AKK: Aortik kros klemp.

Tablo 3. Renal fonksiyon göstergeleri.

Parametre	Grup 1 pre-op	Grup 1 post-op	Grup 2 pre-op	Grup 2 post-op	Grup arası post-op p
Üre	35,43 $\pm$ 11,5	32,64 $\pm$ 9,1	54,98 $\pm$ 44,7	44,9 $\pm$ 25,2	0,020
Kreatinin	1,00 $\pm$ 0,72	0,90 $\pm$ 0,29	1,20 $\pm$ 0,90	1,30 $\pm$ 0,94	0,025

pre-op: Preoperatif, post-op: Postoperatif.

Tablo 4. Karaciğer fonksiyon testleri.

Parametre	Grup 1 pre-op	Grup 1 post-op	Grup 2 pre-op	Grup 2 post-op	Post-op p
AST	30,38 $\pm$ 41,76	47,52 $\pm$ 35,55	28,11 $\pm$ 28,31	69,39 $\pm$ 59,90	0,020
ALT	27,59 $\pm$ 20,37	24,19 $\pm$ 18,27	25,88 $\pm$ 25,21	24,83 $\pm$ 19,44	0,796
T. bilirubin	0,75 $\pm$ 0,26	1,18 $\pm$ 0,48	0,56 $\pm$ 0,20	1,05 $\pm$ 0,54	0,277

AST: Aspartat aminotransferaz, ALT: Alanin aminotransferaz, T. bilirubin: Toplam bilirubin, pre-op: Preoperatif, post-op: Postoperatif.

Tablo 5. Hematolojik parametreler.

Parametre	Grup 1 pre-op	Grup 1 post-op	Grup 2 pre-op	Grup 2 post-op	Post-op p
WBC	8,18 ± 2,09	11,31 ± 3,0	8,16 ± 1,94	11,91 ± 4,11	0,923
HCT	40,57 ± 4,6	28,71 ± 3,0	40,25 ± 6,63	27,30 ± 3,74	0,143
HGB	13,65 ± 1,7	9,58 ± 1,1	13,53 ± 2,1	9,16 ± 1,2	0,216
PLT	254,3 ± 88,4	217,3 ± 100,1	271,6 ± 101,5	205,0 ± 75,3	0,767

WBC: Beyaz kan hücresi, HCT: Hematokrit, HGB: Hemogloblin, PLT: Trombosit, pre-op: Preoperatif, post-op: Postoperatif.

Tablo 6. Postoperatif sonuçlar.

Değişken	Grup 1	Grup 2	p
Ekstübasyon süresi (saat)	8,83 ± 4,34	13,60 ± 15,07	0,083
Yoğun bakım yatış süresi (gün)	1,93 ± 1,01	3,16 ± 2,67	0,006
Hastane yatış süresi (gün)	7,00 ± 1,64	10,83 ± 7,57	0,005

Yoğun bakım yatış süresi kardiyak cerrahi sonrasında hasta prognozu ve sağlık hizmeti kaynaklarının kullanımı açısından önemli bir göstergedir. Doering ve ark. (9) ile diğer araştırmacılar, uzamış yoğun bakım yatışının birçok faktörle ilişkili olduğunu ancak intraoperatif değişkenler arasında KPB süresinin önemli bir belirleyici olduğunu bildirmişlerdir (5). Bizim çalışmamızda da uzun KPB süresine sahip hastalarda yoğun bakım yatış süresinin anlamlı düzeyde daha yüksek bulunması bu görüşü desteklemektedir.

Böbrek fonksiyonları değerlendirildiğinde, uzun KPB süresine sahip grupta postoperatif kreatinin ve üre düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Kardiyak cerrahi sonrası gelişen akut böbrek hasarı; inflamasyon, hemoliz, renal hipoperfüzyon ve oksidatif stres ile ilişkilendirilmektedir. Daha önce yayımlanan çalışmalarda uzamış KPB süresinin akut böbrek hasarı gelişimi açısından bağımsız risk faktörü olabileceği bildirilmiştir (10,11). Çalışmamızın bulguları da bu verilerle uyumludur.

Çalışmamızda postoperatif AST düzeylerinin uzun KPB grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, uzamış ekstrakorporeal dolaşımın neden olduğu sistemik enflamatuvar yanıt ve doku perfüzyonundaki değişikliklerle ilişkili olabilir. Bununla birlikte AST yüksekliğinin spesifik bir organ hasarını göstermemesi nedeniyle bu bulgunun dikkatli yorumlanması gerekmektedir.

Bu çalışmanın önemli bulgularından biri de hastanede kalış süresinin uzun KPB grubunda anlamlı olarak daha yüksek bulunmasıdır. Oliveira ve ark. (11) ile Curran ve ark.'nın (12) çalışmalarında da KPB süresinin uzamasının hastanede kalış süresini etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar bu literatür bulgularını desteklemektedir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bunun yanında uzun KPB süresine sahip grupta aortik kross klemp süresi de anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle yoğun bakım ve hastane yatış süresindeki uzamanın yalnızca KPB süresine değil, eşlik eden uzamış aortik kross klemp süresine de bağlı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle KPB süresinin postoperatif sonuçlar üzerindeki bağımsız etkisini değerlendirecek çok değişkenli regresyon analizi yapılamamıştır. Bu nedenle elde edilen bulgular, nedensellikten ziyade değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Gelecekte yapılacak çok merkezli, daha geniş örneklemli ve çok değişkenli analizleri içeren çalışmalar, KPB süresinin bağımsız etkisinin ortaya konmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç

KABG ameliyatı uygulanan hastalarda KPB süresinin 100 dakikanın üzerinde olması, yoğun bakım ve hastane yatış süresinde anlamlı uzama ile ilişkili bulunmuştur. Ayrıca uzun KPB süresine sahip hastalarda postoperatif kreatinin, üre ve AST düzeylerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bulgularımız, cerrahi güvenlikten ödün vermeden KPB süresinin mümkün olan en kısa düzeyde tutulmasının postoperatif iyileşmeye katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir. Ancak sonuçların doğrulanabilmesi için daha geniş örneklemli ve prospektif çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma için gerekli etik kurul onayı İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alındı (karar no: 389, tarih: 01.04.2021).

Hasta Onayı: Retrospektif çalışma olması nedeniyle bilgilendirilmiş onam alınmamıştır.

Dipnot

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: İ.Y., G.T., B.G., A.G., Konsept: İ.Y., G.T., B.G., A.G., Dizayn: İ.Y., G.T., Veri Toplama veya İşleme: İ.Y., Analiz veya Yorumlama: İ.Y., Literatür Arama: İ.Y., A.G., Yazan: İ.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Madhavan S, Chan SP, Tan WC, Eng J, Li B, Luo HD, et al. Cardiopulmonary bypass time: every minute counts. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2018;59(2):274-281.
2. Kirklin JK. The postperfusion syndrome: inflammation and the damaging effects of cardiopulmonary bypass. In: Tinker J, editor. *Cardiopulmonary Bypass: Current Concepts and Controversies*. Philadelphia: W.B. Saunders; 1989;131-146.
3. Salis S, Mazzanti VV, Merli G, Salvi L, Tedesco CC, Veglia F, et al. Cardiopulmonary bypass duration is an independent predictor of morbidity and mortality after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008;22(6):814-822.
4. Nissinen J, Biancari F, Wistbacka JO, Peltola T, Lojonen P, Tarkiainen P, et al. Safe time limits of aortic cross-clamping and cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Perfusion*. 2009;24(5):297-305.
5. Nadeem R, Agarwal S, Jawed S, Yasser A, Altahmody K. Impact of cardiopulmonary bypass time on postoperative duration of mechanical ventilation in patients undergoing cardiovascular surgeries: a systemic review and regression of metadata. *Cureus*. 2019;11(11):e6088.
6. Chertow GM, Lazarus JM, Christiansen CL, Cook EF, Hammermeister KE, Grover F, et al. Preoperative renal risk stratification. *Circulation*. 1997;95(4):878-884.
7. Khan NE, De Souza A, Mister R, Flather M, Clague J, Davies S, et al. A randomized comparison of off-pump and on-pump multivessel coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med*. 2004;350(1):21-28.
8. Hattler B, Messenger JC, Shroyer AL, Collins JF, Haugen SJ, Garcia JA, et al. Off-pump coronary artery bypass surgery is associated with worse arterial and saphenous vein graft patency and less effective revascularization: results from the veterans affairs randomized on/off bypass (ROOBY) trial. *Circulation*. 2012;125(23):2827-2835.
9. Doering LV, Esmailian F, Imperial-Perez F, Monsein S. Determinants of intensive care unit length of stay after cardiac surgery. *Heart Lung*. 2001;30(1):9-17.
10. Kramer AA, Zimmerman JE. Assessing the impact of cardiopulmonary bypass time on intensive care unit length of stay after cardiac surgery. *Crit Care Med*. 2012;40(4):1238-1245.
11. Oliveira EK, Turquette AL, Tauil PL, Junqueira LF Jr, Porto LG. Risk factors for prolonged hospital stay after isolated coronary artery bypass grafting. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2013;28(3):353-363.
12. Curran TF, Sunkara B, Leis A, Lim A, Haft J, Engoren M. Outcomes after prolonged ICU stays in postoperative cardiac surgery patients. *Fed Pract*. 2022;39(Suppl 5):S6-S11c.