

**T.C
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL
ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE
REANİMASYON ANABİLİM DALI**

Tez Yöneticisi
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan ŞAHİN

**ELEKTİF KORONER ARTER BAYPAS GREFTLEME
CERRAHİSİ OLGULARINDA PULSATİL VE
NONPULSATİL EKSTRAKORPERAL DOLAŞIMIN
SEREBRAL NIRS DÜZEYLERİNDEKİ DEĞİŞİM İLE
BÖBREK FONKSİYONLARININ KORELASYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Kadir ALTINÖZ

TEKİRDAĞ – 2021

TEŞEKKÜR

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'ndaki uzmanlık eğitimim süresince emeği geçen değerli hocalarım Prof. Dr. M. Cavidan ARAR, Doç. Dr. Cengiz MORDENİZ, Dr. Öğr. Üyesi İlker YILDIRIM, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÜLTEKİN, Dr. Öğr. Üyesi Onur BARAN'a; bu zorlu asistanlık döneminde bana yol gösteren, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, tez danışmanım, hocam, abim Dr. Öğr. Üyesi Ayhan ŞAHİN'e; birlikte çalıştığımız birbirinden değerli tüm asistan, anestezi teknikeri, hemşire ve personellerimize; beni bugünüme getiren sevgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme, asistanlık hayatım boyunca onlara ayırabildiğim kısıtlı zamana rağmen sonsuz sevgi ve desteğini benden hiç esirgemeyen hayatı paylaştığım eşim Şeyma ALTINÖZ ve kızım Leyla ALTINÖZ' e sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ VE AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER	3
KARDİYOPULMONER BAYPASS GREFTLEME CERRAHİSİ	3
EKSTRAKORPOREAL DOLAŞIM	4
KARDİYOPULMONER BAYPAS'IN UYGULANMASI	9
KARDİYOPULMONER BAYPAS'TA UYGULANAN AKIM MODELLERİ ..	13
NEAR INFRARED SPEKTROSKOPİ (NIRS)	17
GEREÇ VE YÖNTEMLER	20
BULGULAR	24
TARTIŞMA	38
SONUÇLAR	43
ÖZET	46
SUMMARY	48
KAYNAKLAR	50
EKLER	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Kardiyopulmoner baypas'ın şematik şekli	5
Şekil 2. INVOS™ 5100C serebral/somatik oksimetre	18
Şekil 3. Üre preoperatif-postoperatif değişimi	27
Şekil 4. Kreatinin preoperatif-postoperatif değişimi	28
Şekil 5. PO ₂ bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	31
Şekil 6. PCO ₂ bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	31
Şekil 7. SPO ₂ bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	32
Şekil 8. K bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	32
Şekil 9. Na bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	33
Şekil 10. BE bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	33
Şekil 11. Hct bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi	34

SİMGE VE KISALTMALAR

- ABH:** Akut böbrek hasarı
- ACT:** Activated coagulation time, (aktive koagülasyon zamanı)
- AKG:** Arteriyel kan gazı
- AKIN:** Acute Kidney Injury Network
- AKK:** Aort kros klemp süresi
- ASA:** Amerikan Anestezistler Derneği
- B.E.:** Baz açığı
- CCO:** Sitokrom-c oksidaz
- CO₂:** Karbondioksit
- dt:** Akım ve basınç siklusu sonunda değişen zaman birimi
- EEB:** Enerji Eşdeğer Basıncı (Energy Equivalent Pressure)
- EKD:** Ekstrakorporeal dolaşım
- EKG:** Elektrokardiyogram
- F:** French
- f:** Pompa akım hızı (ml/saniye)
- FDA:** Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
- fNIRS:** Fonksiyonel near infrared spektroskopisi
- G:** Gauge
- GFR:** Glomerüler filtrasyon hızı
- HbA1C:** Hemogloblin A1C
- Hct:** Hematokrit
- HHb:** Deoksihemogloblin
- IL-8:** İnterlökin 8
- K:** Potasyum
- KABG:** Koroner arter baypas greftleme cerrahisi
- KDIGO:** Kidney Disease: Improving Global Outcomes
- KPB:** Kardiyopulmoner baypas
- MOF:** Çoklu organ yetmezliği
- Na:** Sodyum
- NGAL:** Nötrofil jelatinaz ilişkili lipokalin
- NIR:** Near infrared (yakın kızılötesi)
- NIRS:** Near infrared spektroskopisi

O₂: Oksijen

O₂Hb: Oksihemoglobin

p: Arteriyel basınç (mm Hg)

pH: Hidrojen gücü (Power of Hydrogen)

PO₂: Parsiyel oksijen basıncı

PP: Pulsatil perfüzyon

RIFLE: Risk, Injury, Failure, Loss, End Stage Renal Failure

rSO₂: Rejyonel oksijen satürasyonu

S-100B: S100 kalsiyum bağlayıcı protein B

SIRS: Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu

StO₂: Doku oksijen satürasyonu

SVB: Santral venöz basınç

T₃: Triiodotironin

T₄: Tiroksin

TSH: Tiroid uyarıcı hormon

VKİ: Vücut kitle indeksi

GİRİŞ VE AMAÇ

Kalp cerrahisi genellikle akut böbrek hasarı (ABH) ile komplike hale gelir. Yaygın olarak kullanılan ABH sınıflandırma sistemlerinde [Acute Kidney Injury Network (AKIN), Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) veya Risk, Injury, Failure, Loss, End Stage Renal Failure (RIFLE)] tanımlandığı üzere kalp cerrahisi sonrası ABH insidansı, komorbidite, cerrahi tekniğe ve çalışılan popülasyona bağlı olarak %5 ile %42 arasında değişmektedir (1, 2). Bu ABH sınıflandırmalarıyla tanımlanmayan minör böbrek yetmezliği bile kalp cerrahisi sonrası artmış postoperatif morbidite ve mortalite ile ilişkilidir (3, 4). ABH sınıflandırmalarının yaygın olarak kabul edilmesinden bu yana, serum kreatinindeki daha küçük değişikliklerin göz ardı edilmemesi gerektiğini öne süren çalışmalar yayınlanmıştır (4). Bu nedenle, ameliyat sonrası böbrek fonksiyonunun, ameliyat öncesi seviyelere kıyasla ameliyat sonrası serum kreatinin düzeylerindeki artış olarak değerlendirilmesi öngörülmektedir (5).

Son yapılan çalışmalar, kardiyopulmoner baypas (KPB) ile yapılan kalp cerrahisinin sistemik inflamatuvar yanıt sendromunu (SIRS) indüklediğini göstermiştir (6). Miyokard disfonksiyonu gibi ameliyat sonrası komplikasyonlar, bu inflamatuvar reaksiyonla solunum yetmezliği, renal ve nörolojik disfonksiyon, kanama bozuklukları, karaciğer fonksiyonunda değişiklik ve nihayetinde çoklu organ yetmezliği (MOF) ile sonlanabilir. Yöntem ve teknolojilerdeki gelişmelere rağmen, ameliyat sonrası akut böbrek yetmezliği, KPB ile yapılan koroner arter baypas greftleme cerrahisi (KABG) sonrası önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olmaktadır (7).

Organ sistemi işlevini sürdürmek için yapay dolaşımın kullanılması, ileri kalp cerrahisini mümkün kılmıştır. Roller pompalar veya sentrifugal pompalar tarafından sağlanan perfüzyon pulsatil değildir ve bu nedenle fizyolojik değildir (8). Pulsatil perfüzyonun (PP)

kullanımının mikrodolaşım akışını, miyokardiyal perfüzyonu, oksijenasyonu ve kasılma indekslerini iyileştirdiği düşünülmüştür (9-11). Ayrıca KPB sırasında normal bir plazma anjiyotensin, aldosteron ve katekolamin seviyesini koruyarak sistemik vasküler dirençte yaygın olarak görülen artışın azalttığı da gösterilmiştir (11). Ek olarak, PP'nin akciğerlerde sıvı tutulmasını azalttığı bulunmuştur (12). Aksi yönde birkaç klinik çalışma, PP ile ilişkili bir fayda tespit edememiştir (14, 15).

Pulsatil akış paterninin sayısız pozitif etkisine işaret eden kanıtların ağırlığına rağmen, bu yaklaşım, esas olarak bu tekniğin spesifik bir perfüzyon tekniği ile birlikte kullanılmasyla ilgili zorluklar nedeniyle, kalp cerrahisinde rutin olarak kullanılmamıştır.

Near infrared spektroskopi (NIRS), doku oksijen saturasyonunu (StO_2) mikrosirkülasyon perfüzyonunu ölçerek çalışan noninvaziv bir cihazdır. NIRS, dokuda oksijen sunumu ve tüketimi arasındaki farkı tespit ederek doku oksijen saturasyonunu ölçmektedir. NIRS cihazı cilde yapıştırılan bir prob ile çalışmaktadır. 700-850 nm dalga boyunda ışık üretmektedir. Standart pulse oksimetrelerden farkı daha derin dokulardan ölçüm yapabilmesidir. Daha komplike cihazlar oksijen ve deoksi hemoglobin düzeylerini gösterebilmektedir (15). Son yıllarda de Keijzer ve ark. (16) tarafından KABG uygulanan olgulara peroperatif renal bölge NIRS ölçümlerinin postoperatif böbrek yetmezliği ile ilişkisini araştırdıkları çalışmada renal bölge NIRS ölçümünün postoperatif ABY'yi ön görmede yetersiz olduğunu tespit etmişlerdir. Balcı ve ark. (17) tarafından kalp cerrahisi geçiren hastalarda peroperatif ve postoperatif ölçülen hemoglobin ve serebral NIRS ile akut böbrek hasarı arasındaki korelasyonu değerlendiren çalışmalarında tek başına serebral NIRS ölçümünün postoperatif ABH'yi öngörebileceğini tespit etmişlerdir.. Biz de çalışmamızda EKD'deki pulsatil ve nonpulsatil akımları karşılaştırırken ölçümlerimizi serebral NIRS olarak aldık.

Bu prospektif çalışmada, KABG olgularında KPB sırasında pulsatil ve nonpulsatil akımda serebral NIRS düzeylerindeki değişim ile böbrek fonksiyonlarının korelasyonunu karşılaştırmayı amaçladık.

GENEL BİLGİLER

KARDİYOPULMONER BAYPASS GREFTLEME CERRAHİSİ

Koroner arter baypas greftleme cerrahisi, yılda yaklaşık 400.000 kere yapılan günümüzde tüm dünyada kalp cerrahları tarafından en sık yapılan majör ameliyattır (18). Bu cerrahide kullanılan kalp akciğer makinesi ile ilgili ilk çalışmalar 1800'lü yılların başlarına dayansa da klinik uygulamalar ancak 1900'lü yıllarda gerçekleştirilmiştir (19).

İlk kalp akciğer makinesi 1885 yılında Von Frey ve Gruber tarafından yapılmıştır (20). Beck 1932 yılında pektoral kas flebini miyokardın etrafına sararak ilk çalışmaları başlamıştır (21). Dr. John Gibbon 1953'de genç bir bayan hastada kalp akciğer makinesi ile atriyal septal defekt onarımı yaparak ilk başarılı açık kalp cerrahisini gerçekleştirmiştir. Fakat sonraki 4 hastasının kaybedilmesi üzerine geliştirmiş olduğu teknik ve sistemsel sorunların çözümü için ara vermiştir. İlk başarılı seri 1955'de Mayo Klinik'den Dr. John Kirklin ve ark. (22) tarafından bildirilmiştir. Dr. Goetz, 1960 yılında ilk başarılı insan KABG operasyonunu gerçekleştirmiştir. W. Dudley Johnson ve ark. (23) tarafından konvansiyonel metod ile 1967-1969 yılları arasında yapılan 301 olguluk seri, koroner arter cerrahisinin başlangıcı olarak görülmektedir.

KABG, standart yöntem olarak medyan sternotomi uygulanarak safen ven ve eş zamanlı internal mamaryan arter ve/veya radyal arter greftlerinin aortik kros klemp altında koroner arterlere anastomoz edilmesinden oluşmaktadır. KABG ameliyatları halen büyük oranda kalp akciğer makinesi ile ekstrakorporeal dolaşım (EKD) uygulanarak yapılmaktadır. EKD, birçok sistemde oluşturduğu yan etkilere rağmen günümüzde halen kardiyovasküler cerrahiye olanak sağlayan en önemli yöntemdir (24, 25).

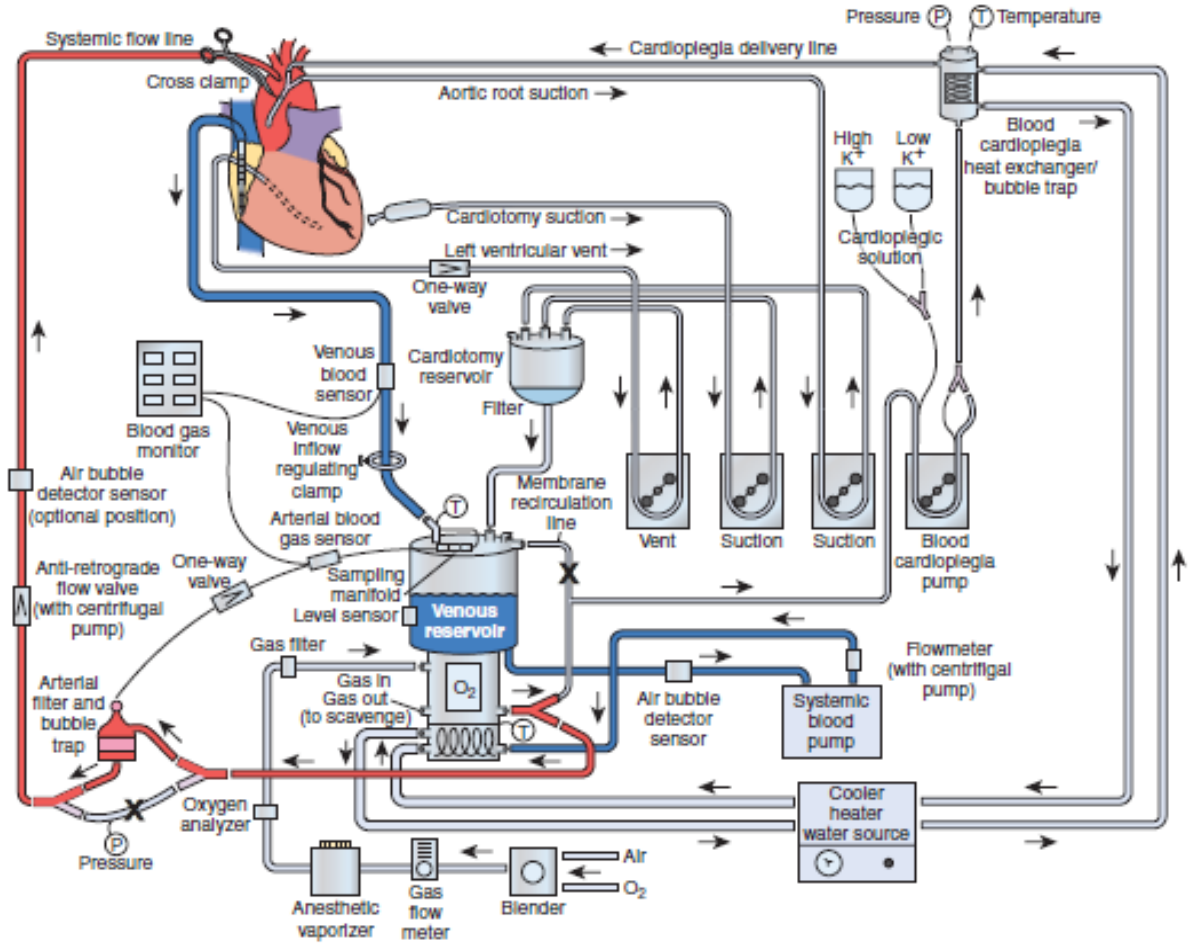
EKSTRAKORPOREAL DOLAŞIM

Kalbin pompalama ve akciğerlerin gaz değişimi görevlerini geçici bir süre ile kalp akciğer makinası yolu ile sağlanmasına ekstrakorporeal dolaşım ya da kardiyopulmoner baypas denir. KPB'da sağ atriyumda gelen venöz kan, kanüller aracılığı ile bir rezervuarda toplanır, filtre edilir, oksijenlendirilir. Pompa ve kanüller vasıtasıyla tekrar arteriyel sisteme geri verilir (26).

EKD, açık kalp cerrahisi haricinde dolaşımın durdurulması ve hipotermi gereken nöroşirurjik ve onkolojik operasyonlarda, karaciğer, akciğer ve böbrek gibi organ transplantasyonları sırasında, vena kava inferior rezeksiyonu gereken operasyonlarda, pulmoner embolektomi esnasında donma vakalarında ve eritroblastozis fetalis hastalarındaki kan değişimi sırasında da kullanılabilir (27).

Kalp Akciğer Makinesi

Kalp akciğer makinesi, bir santral venden alınan kanın bir rezervuara toplanması, toplanan kanın oksijenize edilmesi ve filtreden geçirilerek arteriyel sistem aracılığıyla vücuda geri döndürülmesini sağlayan makinedir (Şekil 1). Birçok farklı ancak birbiri ile ilişkili fonksiyonları sağlayan sistemlerden oluşur. Bunlar; oksijenizasyon, karbondioksitin uzaklaştırılması, filtrasyon, kanın ileriye itilmesi, oksijenatöre gazların ve volatil anesteziğin sunumu, kalpten ve kapasitans venlerden gelen kanın geçici olarak depolanması, göstergeler, uyarılar ve alarmları içeren güvenlik sistemleri ve fizyolojik monitörler, ameliyat sahasından kanın alınması için aspiratör sistemi ve kalbi durdurma, koruma ve tekrar çalıştırmak için kardiyopleji sunum sistemlerinden oluşmaktadır. Bu sistem ve komponentler genellikle toksisite, mutajenite ve immünojenitesi az olan biyolojik doku ve sıvılarla kısmen uyumlu polikarbonat, polietilen, paslanmaz çelik, titanyum, polivinilklorid, teflon, silikon ve poliüretan gibi malzemelerden üretilmektedir. Kanın yabancı yüzeylere teması sırasında oluşan türbülans, staz, kavitasyon ve kan akışkanlığı üzerinde olumsuz değişiklikleri kısmi olarak azaltan yapıdadır. Günümüzde bu cihazlar gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli uyarıcı sistemler ile; akım hızları, akım miktarı, kanın ısısı, hatta kan gazı ve elektrolit değerleri aralıksız olarak takip edilebilir ve ayarlanabilir hale getirilmiştir (28).



Şekil 1. Kardiyopulmoner baypas'ın şematik şekli (25).

Kalp Akciğer Makinesinin Komponentleri

1. Pompa: Kanı oksijenatör ve arteriyel sisteme göndererek kalp görevi görmektedir. EKD için ideal kan pompası; 500 mmHg basınca karşı dakikada 7 L'ye kadar sunuma sahip olmalıdır. Düzgün bir yüzeye sahip olup, kanın selüler ve aselüler komponentlerine zarar vermemelidir. Türbülans ve staz alanları oluşturmamalıdır (25).

Rutin KBP uygulamalarında kullanılan roller ve sentrifugal pompa olmak üzere 2 çeşit pompa mevcuttur (29).

a. Roller pompa: De Bakey tarafından 1932'de geliştirilen ve açık kalp cerrahisinde en sık kullanılan pompa türüdür (30). Genellikle birbirine 180 derecelik açı yapan 2 adet silindirik yapının kanı taşıyan polivinil, silikon ya da lateksten yapılan tüplerin üzerine sıra ile basınç

uygulayarak dönmesi ve böylece tüp içindeki kana ivme kazandırması prensibiyle hareket ederler.

Oklüzyon, roller pompaların kompresyon derecesini tanımlayan önemli bir özelliğidir. Aşırı oklüzyon basınç yükselmesine bağlı devrelerde aşınma, ayrılma ve kanın şekilli elemanlarının hemolize uğramasına sebep olurken, oklüzyon yetersizliğinde arteriyel kanüllerin direnci veya sistemik vasküler direnç pompanın ürettiği basınçtan fazla olur ise geri kaçış meydana gelir. Akımın devamlılığı güçleşir (25).

Roller pompalar daha basit ve ucuzdurlar, daha az başlangıç volümü kullanırlar, havayı daha kolay uzaklaştırırlar, akım debisini artıyükten bağımsız olarak sağlarlar ve daha yüksek miktarda pulsatil akım oluşturabilirler (29). Ayrıca sistemik inflamatuvar yanıtı sentrifugal pompalara oranla daha az etkilediğine dair bilgiler mevcuttur (31, 32). Roller pompalara bağlı meydana gelebilecek komplikasyonlar; oklüzyon ,tüp kırılmaları, kalibrasyon hataları, tüpün üretildiği materyalden kaynaklanan spallasyon adı verilen partikül embolileri, hava embolisi ve pompa kan itici gücünün kaybıdır (29).

Roller pompalara pulsatil perfüzyon üretecek başlıklar takılabilir. Roller pompa ile oluşan pulsatil akım fizyolojik akımdan uzak tepecikli akım denilen bir akım oluşturulur (29). Yeni teknoloji ile üretilen roller pompalarda yapılan çalışmalarda daha fizyolojik sonuçlar alınmaya başlamıştır (33).

b. Sentrifugal pompa: Sentrifugal ve aynı çalışma prensiplerini içeren impeller pompalar kinetik pompalardır. Kan bir elektrik motoruyla oluşturulan yapay girdap sayesinde oluşan merkezkaç gücü ile pompa boyunca nonpulsatil bir akım sağlayarak ilerler. Roller pompadan farklı olarak nonoklüzivdir. Artyüke bağımlıdırlar. Akış, yalnızca dönüş hızı ile belirlenmez ve bu nedenle pompa akışını ölçmek için çıkış hattına bir akımölçer dahil edilmelidir. Ayrıca, pompa hastanın arter sistemine bağlandığında ancak dönmediğinde, KPB sistemik hattı klempenmedikçe veya arteriyel hatta tek yönlü bir valf takılmadıkça kan pompadan geriye doğru akacak ve hastadan çıkacaktır. Bu durum, hastanın ani volüm kaybına veya arteriyel hatta havanın aspirasyonuna neden olabilir. Öte yandan arteriyel hat tıkanırsa, bu pompalar aşırı basınç oluşturmaz ve sistemik akış hattını yırtmaz. Aynı şekilde, eğer içeri akış tıkanırsa, bir silindir pompa kadar çok negatif basınç ve dolayısıyla çok fazla kavitasyon ve mikroemboli üretmezler (27).

Roller pompaya üstünlüklerinin biri de daha düşük masif hava embolisi riskinin olmasıdır. Özellikle impeller tip sentrifugal pompalar klasik roller pompalarla kıyaslandığında trombosit ve lökositlerde daha az travmaya sebep olur. Hava emboli riski, fibrinojen kaybı, trombin sentezi daha düşüktür ve daha az antikoagülasyona ihtiyaç duyarlar (29).

2.Oksijenatör: Oksijenatörler kanı geniş bir alana yayarak, karbondioksit eliminasyonu ve oksijenizasyonunu sağlar ve akciğerlerin sağladığı gaz değişimi görevini yerine getirirler. Membran oksijenatör ve bubble oksijenatör olarak iki farklı çeşidi vardır (24).

a. Membran Oksijenatörler: Ana çalışma prensibi olarak direkt bir kan-gaz teması olmadan ince bir membran vasıtasıyla oksijen (O_2) sunumu ve karbondioksit (CO_2) eliminasyonu sağlanır. Mikro delikli ve solid olmak üzere 2 tipi mevcut olup, gaz değişimi mümkün olduğunca ince bir kan tabakası ve bunu sağlamak için geniş bir yüzey gerektirir. Membran oksijenatörlerin pompadan sonra yer almalarının sebebi akıma karşı rezistans oluşturmalarıdır. Membran oksijenatörlerin en az travmatik oksijenatörler olup; gaz, kan ile hiç temas etmediği için travma minimaldir. Ancak membranı geçmek için daha büyük yüzey alanına gereksinim duyan gaza direnç oluşturur. Sonuç olarak membranın gaz transfer hızı iyi değilse yüksek volümlü kan prime gereklidir. Membran oksijenatörler buble oksijenatörlere göre daha avantajlıdır. Kan ile gaz arasındaki yüzey değişmediğinden kan daha az travmaya maruz kalır. Anti köpük aşamasına gerek yoktur çünkü kabarcıklar direkt kana karışmaz. Gaz akımı artırılarak oksijenizasyon etkilenmeden CO_2 atılımı artırılabilir çünkü O_2 ve CO_2 birbirinden bağımsızdır. %100 O_2 yerine O_2 -hava karışımı kullanılır bu da KBP'da parsiyel oksijen basıncının (PO_2) daha iyi kontrolünü sağlar. Bir buble oksijenatörde, nitrojen içeren kabarcıklar yavaşça sistemik dolaşıma geçerek gaz mikroembolisi riskini arttırabilir. Membran oksijenatörde bu risk yoktur (27).

b. Bubble Oksijenatörler: Membran oksijenatör tersine venöz rezervuara entegredir. Hastadan gelen venöz hat ile pompa arasında yer alır. Çalışma esası olarak kanın içine gaz kabarcıklarının verilmesi ve gaz kabarcığı yüzeyinde O_2 ve CO_2 alışverişi ile olur (29).

3.İsı Değiştirici: KPB esnasında özellikle beyin birçok organın metabolik ihtiyaçlarını azaltmak için sistemik hipotermi sağlanması gerekir ve ısı değiştirici bir sisteme gereksinim vardır. Kan ve farklı sıcaklıklardaki suyun bir bobin içerisinde karşılıklı akım prensibiyle kanın ısıtılması ve soğutulmasını sağlar. Kan sıcaklığının artmasıyla gazların kanda eriyebilirliğinin

azalması sebebiyle gaz değişim ünitesinin öncesinde yer alırlar. Bu sayede tekrar ısınma esnasında oluşabilecek gaz mikroembolileri engellenmiş olur (24).

4.Venöz ve Kardiyotomi Rezervuarları: Venöz rezervuar yaklaşık 3 litre kapasitesi olan genellikle polivinilden üretilen, kan-hava bariyeri içeren ve venöz dönüş ile arteriyel akım arasındaki dengeyi oluşturan haznedir. Klasik rezervuarların kullanımında dikkatli olunması gereken en önemli olay özellikle rezervuarda fazla volüm olmadığında ani venöz drenaj kesintilerinde oluşabilecek hava embolileridir. Bubble oksijenatörlerde rezervuar oksijenatöre entegre bir parçadır. Bu sebeple arteriyel rezervuar olarak adlandırılabilir. Membran oksijenatörde ise venöz rezervuar ekstrakorporeal dolaşımın ilk komponentini oluşturur. Venöz drenaj ile aspirasyon sistemlerinin ilk toplandığı yerdir. Üzerinde bulunan portlar aracılığıyla kan, sıvı ve ilaç uygulanabilmesine olanak sağlar (29).

5.Filtre: Filtrelerin amacı kemik, doku ve yağ parçacıkları gibi partiküllü maddeleri kandan temizlemek ve hava embolilerini engellemektir. Arteriyel hat, kardiyotomi rezervuarında, oksijenatör-gaz akım hattında ve kardiyopleji hattı üzerinde yer alırlar. Bubble oksijenatörlerde kullanımı mecburidir. Membran oksijenatörlerde de zorunlu olmamasına rağmen güvenlik amacıyla rutin kullanılmaktadır. Tarama filtreleri ve derinlik filtreleri olmak üzere başlıca 2 çeşit filtre mevcuttur. Tarama filtreleri, naylon ve polyesterden imal edilmiştir. Makro emboliler için iyi bir koruma sağlasa da mikroembolilerde başarı ventin devamlılığına bağlıdır (27). Derinlik filtreleri ise paketlenmiş dakron liflerden meydana gelmiştir. Benzer hemodinamik etkileriyle alternatif olarak kullanılmaktadır (29). Tarama filtreleri vakumlama ve ayırma hızı sayesinde hava embolilerine engel olmaya çalışır. Derinlik filtreleri ise dakron kanın lifler arasında geçişi ile mekanik olarak partiküllerin uzaklaştırılmasını sağlar (27).

6.Kardiyopleji Sistemi: Açık kalp cerrahisinin en önemli noktalarından biri miyokardın korunmasıdır. Bu sebeple aortik kök yoluyla antegrad veya koroner sinüs yoluyla retrograd olarak yüksek potasyum içeren kan veya kristaloid solüsyonlarıyla kalbin durdurulması ve miyokardın perfüzyonu sağlanmaktadır. Özellikle son dönemlerde devamlı olarak yüksek potasyum içeren kan ile perfüzyon kullanılmaktadır. Asendan aort açıldığı durumlarda özel kateter vasıtasıyla koroner sinüslerden direk olarak da kardiyopleji verilir. Kardiyopleji sistemi genellikle roller pompa, rezervuar ve ısı değiştirici içerir (29).

7.Cell Saver: Operatif sahadaki kanın sistemik heparinizasyon gerekmeden hastaya geri kazandırılmasını sağlar. Aspire edilen kan hemen heparinize edilip ve filtreden geçirilir.

Rezervuarda toplanır. Salin solüsyonlarıyla yıkanır, santrifüj edilir ve daha konsantre hale gelir tekrar ekstrakorporeal sisteme aktarılır. Eğer KPB'den çıkmış ise torbalanır. Özellikle heparin kaplı sistemler ile beraber kullanılması sistemik inflamatuvar yanıtı azaltır. Potasyumun daha az kaybedilmesi ile volüm kontrolünde kolaylık sağlar. Plazma proteinleri, pıhtılaşma faktörleri ve trombositlerde azalma ile kanın şekilli elemanlarında travmaya sebep olması dezavantajlarıdır (29).

8.Hemofiltrasyon: KPB esnasında ciddi hemodilüsyonu olan olgularda kan konsantrasyonunu sağlamak ve özellikle kan hemoglobin düzeylerini yükseltmek amacıyla hemofiltrasyon uygulanabilir. Cell saver'dan farkı hemofiltrasyonda trombosit ve koagülasyon faktörlerinin korunmasıdır. Hemofiltrasyonda yarı geçirgen bir membran aracılığıyla kandan selektif olarak plazma sıvısı, düşük molekül ağırlıklı solütleri ve plazma proteinleri ayrılır. Hemofiltrasyonda hidrostatik basınç kullanılır. Hemodiyalizde onkotik basınç kullanılır. Por büyüklüğü hangi molekül ağırlığındaki solüt yükün atılacağını belirler. Aynı anda diyalizde yapılacaksa diyalizat için ayrı bir pompa başı ya da vakum sistemi gerekmektedir. Özellikle diyalize bağımlı olgularda potasyum, üre ve diğer metabolik ürünler ile aşırı sıvı etkin bir biçimde uzaklaştırılır. Genellikle ek heparin dozuna ihtiyaç olmasa da heparinin filtrasyona uğrama ihtimali nedeniyle sık aktive koagülasyon zamanı (activated coagulation time-ACT) kontrolü yapılmalıdır (29). Son yapılan çalışmalarda bazı kompleman sistem proteinlerini ve interlökin 8 (IL-8) gibi inflamatuvar mediyatörleri uzaklaştırdığı gösterilmiştir (27).

KARDİYOPULMONER BAYPAS'IN UYGULANMASI

Preoperatif Değerlendirme

KABG olacak hastalarda preoperatif değerlendirmenin ana hedefi; perioperatif ve postoperatif mortalite ve morbiditeye sebep olan risk faktörlerini tespit etmektir. Anamnez alınırken kullanılan ilaçlar dikkatle sorgulanmalıdır. Kan şekerinin kontrol altında olması ve kan basıncının düzenli olması postoperatif yara iyileşme açısından da önemlidir (34). Biyokimyasal değerlendirmede açlık kan şekeri, karaciğer fonksiyon testleri, hemogram, böbrek fonksiyon testleri, elektrolitler mutlaka kontrol edilmelidir. Hormanol değerlendirme için tiroid fonksiyon testleri ve diyabet kontrolü için hemoglobin A1C (HbA1C) bakılması önerilir (35). Hastalar her ne kadar ayrıntılı kardiyolojik değerlendirmeden geçmiş olsalar da EKG, ekokardiyografi ve preoperatif anjio raporları anesteziist tarafından değerlendirilmelidir.

Ekokardiyografi perioperatif medikal tedavi seçiminde yardımcı olur (36). Solunum sistemi değerlendirilmesinde akciğer filminin yanı sıra solunum fonksiyon testleri yol göstericidir (37). Karotise yapılan arteriyel doppler perioperatif komplikasyon riskini azaltmaktadır. Karotis darlığı mevcut hastalarda postoperatif inme riski artmıştır (38).

Monitörizasyon

KABG olgularında hem operasyon sebepleri hem de ek hastalıklar nedeniyle ani hemodinamik değişiklikler sıklıkla görülür ve sağlıklı insanlara oranla daha olumsuz etkiler. Bu nedenle perioperatif dönemde yakın monitörizasyonu elzemdir. KABG uygulanacak hastalarda elektrokardiyogram (EKG), invaziv kan basıncı, santral venöz basınç, vücut sıcaklığı, periferik oksijen saturasyonu, idrar çıkışı, kapnografi, araklı kan gazı analizi ve transözefageal ekokardiyografi rutin olarak kullanılması önerilmektedir. Ayrıca pulmpner arter kateteri, kalp debisi, elektroensefalografi, serebral oksimetri, gibi monitörizasyonlar olgulara veya cerrahi gerekliliğe göre kullanılabilir (24).

EKG monitörizasyonu ile kalp hızı monitörizasyonu, aritmilerin ve ileti kusurlarının tespiti, miyokard iskemisinin saptanması, pacemaker fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve bazı elektrolit bozukluklarının tespiti için kullanılır. Kalp akciğer makinesi artefaktlara sebep olabilir. Bu nedenle pompaya giriş ve çıkışlarda hastayı değerlendirmek zor olabilir (39). 5 kanallı EKG ile $D_{II}-V_5$ 'in eş zamanlı izlenmesi ile iskemilerin %90'ı tespit edilebilir (24). London ve ark. (40) iskemiyi değerlendirmek için en duyarlı derivasyonun V_5 olduğunu ve takiplerde en az iki derivasyon takibinin daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir.

KABG'de ani tansiyon değişikliğine sebep olacak kanama, kalbe doğrudan bası, kanülasyon, aritmi gibi birçok sebep mevcut olduğundan invaziv kan basıncı monitörizasyonu gereklidir. Ayrıca invaziv kan basıncı monitörizasyonu KPB sırasında kan basıncı takibi yapmanın tek yoludur (25). İdeal arter dalga formu çıkan aorta içinde oluşur ve perifere gittikçe bozulur. KPB sırasında santral, perifer tansiyon farkı ciddi boyutlara çıkabilir (41). Bu nedenle radyal arter basıncı beklenmedik şekilde düşük seyrediyorsa aort kateterizasyonu, radyal arterden uzun kateterler aracılığı ile santral ölçüm veya femoral arterden santral ölçüm düşünülmelidir (42).

Santral ven kateteri; sıvı replasmanı yapmak, hiperozmotik solüsyonları verebilmek, inotrop ve vazoaaktif bazı ilaçları uygulamak, sağ ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmek, intavasküler volüm hakkında yorum yapabilmek için kullanılır.

Kateterizasyon anatomik işaretlerle yapılabildiği gibi ultrason ile yapılması hem zaman kazandırır hem de komplikasyon riskini azaltır. Yanlışlıkla arter ponksiyonu ve kateterizasyonu, venöz ve atriyal laserasyon, şilotoraks, kalp tamponadı, hematoma, pnömotoraks, hava embolisi, venöz tromboz, klavuz telin damar içine kaçması gibi komplikasyonları mevcuttur (24). Santral venöz basınç (SVB) sağ atriyumun ortalama basıncıdır ve triküspit stenozu olmayanlarda sağ ventrikül diyastol sonu basınca eşittir. Sağlıklı bir ölçüm için kateterin ucu vena kava superiorun sağ atriyuma girdiği yerde olmalıdır. SVB yorumlanırken ölçülen değerin basınç olduğu, volüm hakkında yorum yapılmak istendiğinde sistem kompliyansını hesaplamak gerekir. SVB'nin normal değeri geniş aralıktadır o yüzden yorum yapmak için ardışık değerler takip edilmeli veya sıvı açığı düşünülüyorsa volüm yüklemesi yapıp yanıtın değerlendirilmesiyle daha doğru kararlar verilebilir (25).

KPB esnasında santral vücut sıcaklığı en doğru şekilde timpanik membran, pulmoner arter ya da distal özefagustan ölçülür. Rektal ve mesaneden ölçüm yanıltıcı olabilir. En pratik yöntem distal özefagustan ölçümdür. Heparinize hastada kanama kolay olacağı için heparin verilmeden yerleştirilmesi önerilir (43).

Pulmoner arter kateteri (Swan Ganz kateter); pulmoner arter basıncı, kalp debisi, miks venöz oksijen satürasyonu ve sol kalp dolmuş basınçlarını monitörize edebilmek için kullanılır. Transözefageal ekokardiyografinin kullanımının yaygınlaşması ile pulmoner arter kateteri kullanımı azalmıştır. Santral ven kateterizasyonu yöntemi ile yerleştirilen geniş kanülün içinden pulmoner arter kateteri geçirilerek ilerletilir. Sağlıklı ölçüm için kateter ucu sağ akciğer orta ya da alt lobunda olmalıdır. Aritmi, pulmoner arter laserasyonu, pulmoner emboli, kalp tamponadı, hava embolisi gibi komplikasyonlara sebep olabilir (44).

Gelişmiş pompa sistemlerinden biri olan hat içi kan gazı monitörleri sürekli olarak kan gazı hakkında bilgi verir. Hasta güvenliği açısından aralıklı kan gazı ölçümlerine üstünlüğü henüz gösterilememiştir (45).

Arter hattındaki obstrüksiyonlar, arter kanülündeki malpozisyon, diseksiyon ve filtre obstrüksiyonlarını erken evrede tanıyabilmek için pompa ile filtre arasında arteriyel hat basıncı ölçümü yapılmalıdır. Ayrıca KPB çıkışında radyal arter basıncının gerçeği yansıtmadığı hemodinamik problemlerde anestezi monitorizasyonuna da katkı sağlar.

Akım seviyesini ve roller pompada oklüzyonun uygunluğunu belirlemek için arteriyel hat flovmetreleri kullanılır. Isı monitörizasyonu, arteriyel hat hava dedektörleri rezervuar volümünün azaldığını gösteren alarm sistemleri perfüzyon güvenliğini arttıran monitörizasyonlardır (29).

Prime (Başlangıç) Volümü ve Hematokrit

Yetişkin KPB devresi için 1,5-2,0 L plazmanın, hidrojen gücü (Power of Hydrogen-pH) ve iyonik dağılımına benzer dengeli elektrolit solusyonu (laktatlı ringer gibi) gerekmektedir. Bazen nişasta solüsyonları da eklenebilir. Genellikle eritrosit içermezler. Başlangıç solüsyonu hasta kan hacminin yaklaşık %30-35'i kadar olup hematokriti 2/3'üne düşürmektedir. Kristaloit kardiyopleji kullanılması bu değeri daha da düşürmektedir. Optimal hemodilüsyon derecesi için kesinlik kazanmış ortak görüş yoktur. Genellikle ısı değerleri 25-32°C arasındayken hematokrit (Hct) %20-25 arasında tutulması uygun görülmektedir (27). Yüksek hematokrit hipotermik hastada viskozite artışına ve mikrovasküler dolaşımın bozulmasına sebep olur (46). Aşırı hemodilüsyon dilüsyonel koagülopati ve kardiyopulmoner baypastan çıkışta subendokardiyel koroner dolaşımda maldistribüsyona neden olur (47).

Heparin

Kardiyopulmoner baypas esnasında antikoagulyasyona ihtiyaç vardır. Bu amaçla genellikle intravenöz heparin 300-400 U/kg dozunda uygulanır. Heparinin etkisi 3 dakika sonra ACT ile değerlendirilmektedir. ACT değeri 400 saniye ve üzerinde olmalıdır. Heparin antitrombini aktive ederek antikoagülasyon sağlar. Heparin ideal bir antikoagülan değildir. Nötrofil aktivasyonuna neden olur. Protamin ile birleşimi kompleman sistemini aktive eder. Ayrıca etkisi antitrombin miktarı ile ilişkilidir. Antitrombin düşük hastalarda ACT standart dozlarda düşük kalabilir. ACT'yi uzatmak için antitrombin transfüzyonu veya taze donmuş plazma uygulanmaktadır (29). Heparin nötralizasyonu protamin ile gerçekleştirilir. Her 100 ünite heparini nötralize etmek için 1mg protamin uygulanır (48).

Isı

Metabolik hızı düşürmek oksijen tüketimini azaltmak böylece beyin, kalp, böbrek gibi organları korumak için hipotermiden yararlanır. Her 10°C ısı düşüşünde O₂ ihtiyacı %50 azalır. Çoğu merkezde rutin olarak hafif hipotermi(32-34 °C) rutin olarak uygulanır (27).

Total Sistemik Kan Akımı (Flow)

Vücutun O₂ ihtiyacı normotermide 80-125 ml/dk/m² dir. Akımın 2.2 lt/dk/m²'nin altında olması O₂ ihtiyacını karşılayabilir. Kardiyopulmoner baypas esnasında 28°C ve üzerinde 2.2 lt/dk/m² akım perfüzyon için yeterlidir. Optimal akım sağlanamayan durumlarda laktik asidemi ve metabolik asidoz gelişir. Gereğinden fazla yüksek akım oksijenatörden geçen kan miktarını arttıracığı için kan travması ve buna bağlı olarak mikroemboli riski artar. Bubble oksijenatörlerde yüksek akımlarda hava embolisi riski artar (29).

Sistemik Kan Basıncı

Kardiyopulmoner baypas esnasında ortalama arteriyel basınç pompa akımı ve sistemik vasküler rezistans ile doğru orantılıdır. Ortalama arteriyel basıncın (OAB) 50-70 mmHg olması yeterli perfüzyonu sağlar. Ancak karotis darlığı, renal arter stenozu gibi patolojilerde yeterli perfüzyonu sağlamak için daha yüksek basınçlar gereklidir (27).

KARDİYOPULMONER BAYPAS'TA UYGULANAN AKIM MODELLERİ

Kan akımının pulsatil olduğu ve fizyolojik önemi uzun yıllardır bilinmektedir. Hamel böbrek için pulsatil perfüzyonun önemini 1889 yılında göstermiştir (49). Bir devrenin arteriyel ucuna eklenen kauçuk balon ile ara ara kompresyon yaparak Carl Jakob ilk pulsatil perfüzyonun uygulamasını yapmıştır (50). Hooker 1910 yılında hayvan deneyinde pulsatil perfüzyonla idrar çıkışının arttığını ve pulse amplitüdlerinin artışının idrar çıkışını arttırdığını gözlemlemiştir (51). 1913 yılında aynı çalışmayı yapan Gesell benzer sonuçlar bulmuştur (52). McMaster ve Parson nonpulsatil akımın lenfatik drenajı azalttığını ve pulsatil akımın diğer organlar için de faydalı olduğunu göstermiştir (53). Buna karşıt olarak Wesolowski 1955 yılında yaptığı çalışmada pulsatil akımın fayda sağlamadığını iddia etmiştir (54).

Kardiyopulmoner baypası kalp cerrahisinde ilk kullanan Gibbon, De Bakey tarafından tasarlanan nonpulsatil roller pompa kullanmıştır. Bu roller pompa uzun yıllar klinik uygulamalarda başarı ile kullanılmıştır. Ayrıca pulsatil perfüzyonun kanın şekilli elemanlarına zarar vereceği fikri pulsatil akımın klinik kullanıma girmesini ertelemiştir. Ancak pulsatil akımın fizyolojik ve hemodinamik etkileri ile ilgili araştırmalar devam etmiştir (30, 45).

Pulsatil ve nonpulsatil akım arasındaki temel fark; pulsatil basınç oluşturmak için kullanılan hidrostatik enerjidir. Pulsatil akımın oluşturduğu olumlu etkilerden nabız farkından çok bu ekstra enerjinin sebep olduğu düşünülmektedir (24). Enerjinin hesaplanabilmesi için Shepard Enerji Eşdeğer Basıncı (Energy Equivalent Pressure- EEB) formülünü kullanmıştır(56).

$$EEB = (\int f p dt) / (\int f dt)$$

EEB, akım ve basınç siklusu sonunda oluşan hemodinamik basınç eğrisinin ($\int f p dt$), akım eğrisine ($\int f dt$) oranıdır. Formülde f, pompa akım hızı (ml/saniye), p, arteriyel basınç (mm Hg), dt ise akım ve basınç siklusu sonunda değişen zaman birimidir. EEB'nin birimi mmHg'dir (56). Bu sayede ortalama arter basıncı ile kıyaslama yapılabilir. Fizyolojik kalpte bu oran yaklaşık %10-12'dir. Nonpulsatil akımda %0-1, roller pompa ile yapılan pulsatil akımda %3-5 oranındadır (57).

Pulsatil ve Nonpulsatil Akımın Fizyolojik Etkileri

Son 50 yılda pulsatil ve nonpulsatil akımı karşılaştıran yoğun çalışmalara rağmen klinik sonuçlar üzerine belirsizlikler devam etmektedir (28). Bu çalışmaların sonuçlarında klinik iyileşmeye katkıları kesinlik kazanmasının nedeni çoğu pulsatil akım çalışmasının teknik yetersizliklerden ve pulsatil akım tanımının net yapılamamasından kaynaklıdır.

Yapılan çalışmalarda pulsatil akımda, nonpulsatil akıma göre mikrosirkülasyonun daha iyi korunduğu, doku oksijen tüketiminin arttığı, daha düşük laktat düzeylerinin olduğu gözlenmiştir (56, 57).

Nonpulsatil akımın sistemik vasküler direnç artışı ve vazokonstrüksiyona sebep olduğu ve buna artan renin, anjiyotensin II'nin sebep olduğu düşünülmektedir. Nonpulsatil akım ayrıca vasopressin ve katekolamin seviyesinde artışa sebep olur. Oluşan vazokonstrüksiyonun organ perfüzyon bozukluğu, KBP'den ayrılma esnasında arteryük artışına sebep olduğu gözlenmiştir (12, 58, 59).

Pulsatil akımın eski çalışmalarda hemolizi arttırdığı gözlemlenmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile KBP devre bileşenlerinin yenilenmesi sonucu son yapılan çalışmalarda eritrositlere ve lökositlere nonpulsatil akımdan daha fazla zarar vermediği gösterilmiştir (60-62).

Ayrıca pulsatil akım hipotalamo hipofizer adrenal aksın normal fizyolojik yanıtını koruduğu gösterilmiştir (60). Tiroid uyarıcı hormon (TSH), triiodotironin (T₃), tiroksin (T₄) dönüşümleri normale yakın olarak gözlemlenmiş (12). Pankreastaki beta hücrelerinden insülin salınımının daha yüksek olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (64).

Pulsatil ve Nonpulsatil Akımın Organlar Üzerine Etkileri

Santral Sinir Sistemi Üzerine Etkileri: Beyin gelişebilecek komplikasyonlara karşı otoregülasyon ile korunmaktadır. KBP esnasında otoregülasyon yeterli perfüzyon basıncını sürdürmek, serebral iskemi ve hiperperfüzyondan korunmak için önemlidir. Otoregülasyon vücut ısısından, kan akım şeklinden, viskoziteden, kandaki parsiyel O₂ ve CO₂ basınçlarından ve farmakolojik ajanlardan etkilenir (64, 65).

Nonpulsatil perfüzyonun otoregülasyonu nasıl etkilediği açıklanamasa da bazı çalışmalar otoregülasyonun sağlanması için vasküler tonusun korunması gerektiğini bunun için pulsasyonun korunması gerektiğini öne sürmüşlerdir (66, 67).

Pulsatil ve nonpulsatil perfüzyon arasındaki serebral oksijen tüketimini karşılaştırmak için yapılan bir çalışmada, KPB sırasında pulsatil perfüzyon ile serebral vasküler direncin azalmasından kaynaklanan serebral mikrosirkülasyondaki şantların nonpulsatil akıma oranla azaldığı gösterilmiştir (69).

Serebral hasarı belirlemede potansiyel marker olabilecek S100 kalsiyum bağlayıcı protein B (S-100B) ile yapılan çalışmada pulsatil perfüzyonun, nonpulsatil perfüzyona göre daha nöroprotektif olabileceği saptanmıştır (70).

Ayrıca yapılan bir derlemede pulsatil perfüzyonun KBP'ye karşı inflamatuvar yanıtın azaltması, artmış lenfatik dolaşıma bağlı olarak ödemin azalması, global iskemilerde daha az nöron kaybı gibi potansiyel faydaları öne sürülmüştür (71).

Renal Sistem Üzerine Etkileri: KBP sonrası böbrek hasarı sık görülen ve subklinik hasardan diyaliz gerektiren kalıcı yetmezlik tablosuna kadar değişik varyasyonlarda görülebilen komplikasyondur (72). Perioperatif gelişen böbrek komplikasyonları uzamış yatış, morbidite ve orta uzun dönem sağ kalımları önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir (73).

Böbrek hasarının patofizyolojisi multifaktöryeldir. Perioperatif hipoperfüzyon, endojen ve eksojen nefrotoksinler, mikroemboliler, sistemik inflamatuvar yanıt sendromu, KBP'nin, kullanımı, süresi, akım şekli, hipotermi ve serbest hemoglobinin salınımı neden olabilir (72).

Böbrek hasarı belirteci olarak nötrofil jelatinaz ilişkili lipokalin (NGAL) ve İL-18 kullanılan pulsatil, nonpulsatil perfüzyonu karşılaştıran çalışma sonucunda pulsatil akımın daha iyi böbrek koruması sağladığı gösterilmiştir (74).

Renal doppler ile yapılan çalışmada pulsatil akımın fizyolojik akıma benzer morfoloji gösterdiğini belirtmiştir (75).

Hafif böbrek yetmezliği bulguları olan hastalarda hemofiltrasyon ihtiyacını karşılaştıran bir çalışmada pulsatil akımın renal fonksiyonları daha iyi koruduğu belirtilmiştir (76). Kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda yapılan bir çalışma da aynı şekilde pulsatil perfüzyonun yüksek riskli hastalarda daha güvenli olarak kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır (77).

İnterlökin-8, endotelin-1, epinefrin, norepinefrin, laktat, idrar hacmi, kan üre nitrojeni, kreatinin, renin aktivitesi, anjiyotensin-II, laktat dehidrojenaz, serbest hemoglobin düzeyi araştırılan çalışmada pulsatil perfüzyonun böbrek fonksiyonu, katekolamin düzeyi, periferik dolaşım üzerine olumlu etkilerine ek olarak sitokin aktivitesi pulmoner ödem ve endotel hasarı üzerine azaltıcı etkisi olduğunu göstermiştir (78).

Yaşlı hastalarda yapılan bir çalışmada pulsatil akımın 65 yaş üzerinde perioperatif böbrek fonksiyonlarını daha iyi koruduğu gösterilmiştir (79).

Köpeklerde renal ve serebral kan akımı üzerine yapılan bir çalışmada pulsatilitenin total renal kan akımını değiştirmediğini gösteren çalışma mevcuttur (80). Benzer bir çalışmada total kan akımı değişmese bile renal korteksin hem dış hem de orta kesiminde pulsatil perfüzyonun daha yüksek kan akımı sağladığı gösterilmiştir (81).

NIRS ölçümü ile böbrek fonksiyonları kıyaslayan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda serebral NIRS ölçümünün postoperatif renal komplikasyonları ile korelasyon gösterdiğini görülmüştür (30, 81)

Pulsatil perfüzyonun renal fonksiyonlar üzerine yararını gösteren meta analizler de mevcuttur (82, 83). Bunların yanında pulsatil perfüzyonun böbrek fonksiyonlarını etkilemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (84, 85). Plazma renin aktivitesi ve idrarda β_2

mikroglobulin miktarı araştıran bir çalışmada pulsatil ve nonpulsatil akım arasında fark tespit edilmemiştir (87).

NEAR INFRARED SPEKTROSKOPİ

Iřıĝın doku tarafından absorpsiyonu dalga boyu ile yakından ilişkilidir. Ultraviyole işık DNA ve proteinler tarafından, görünür işık hemoglobin tarafından, kızılötesi işık su tarafından absorbe edilir. Bu işık formlarının vücuda penetrasyonu ölçüm yapılamayacak kadar azdır. Near-infrared (NIR; yakın kızılötesi; dalga boyu 700-1100nm) işık ise hemoglobin ve su tarafından absorbe olmadığı için vücuda kolayca penetre olur. Ayrıca NIR iřıĝının saçılması ultraviyole ve görünür işıktan daha azdır. Bu nedenle serebral rejyonel oksijen satürasyonu (rSO_2) lmlerinde NIR dalga boyu işık kullanılmıştır (88). NIRS, oksihemoglobin (O_2Hb), deoksihemoglobin (HHb), sitokrom-c oksidaz (CCO) ve miyogloblin gibi kromofor moleküller tarafından NIR iřıĝının dokulardan geçerken uĝradıkları absorpsiyon miktarının lldĝ bir yöntemdir (89). Bu kromofor moleküller dokudaki konsantrasyonuna göre farklılık gösteren spesifik absorpsiyon oranlarına sahiptirler (90). Doku oksijen doygunluĝunun ve doku hemoglobin ieriĝinin lm, Beer-Lambert yasası kullanılarak belirli dalga boylarında iletilen ve alınan bir işık arasındaki yoĝunluk farkı ile belirlenir (91). Işık yayıcı dioddan çıkan iřıĝın emilimi, Beer-Lambert yasasında belirtildiĝi gibi, kromofor konsantrasyonu, kromoforun absorpsiyon katsayısı ve iřıĝın kaynaĝı ile dedektör arasındaki mesafe ile doĝrudan doĝruya orantılıdır (89). 700, 850 nm dalga boyundaki işıkta O_2Hb ve HHB en fazla absorpsiyon farklılıĝı gösterir. Bu nedenle ilk üretilen cihazlarda bu iki dalga boyu kullanılmaktaydı. Günümüzde ise doĝruluk oranını arttırmak için kullanılan cihazlarda çoklu dalga boyları kullanılmaktadır (şekil 2) (92).

Serebral oksimetri NIRS tekniĝi kullanılarak , non invaziv ve sürekli bir şekilde rSO_2 deĝerlerinin lldĝ metodun adıdır (93). İlk defa 1977de Jobsis tarafından serebral ve miyokardiyal oksijen yeterliliĝinin ölçülmesinde kullanılmıştır (94). Ferrari ve ark. (95) tarafından 1985'te ilk defa NIRS kullanılarak insan serebral oksimetre çalışmalarını yayınlamışlardır. NIRS kullanımını birçok eleştiri olmasına raĝmen, 1993 yılında Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onay almıştır (91).



Şekil 2. INVOS™ 5100C serebral/somatik oksimetre (96)

Serebral oksimetre ile oksijen satürasyon ölçümü, kullanılan teknik ve kullanıldığı bölgeden dolayı diğer oksijen satürasyonu ölçüm tekniklerinden farklıdır. Serebral oksimetre sensörü tarafından yayılan ışın arteriyel ve venöz karışımın olduğu mikro damar yapısını hedef alır. Bu yapıdaki arteriyel ve venöz kan hacmi katkısı %25-30, %70-75 oranındadır. Bu sebeple ölçülen satürasyon değeri arteriyel oksijenden ve nabız oksimetre ile ölçülen satürasyon değerinden düşük; venöz oksijenden yüksektir (97). Serebral oksimetre ölçümlerinde serebral dokularla birlikte ekstraserebral dokulardaki (skalp, kafatası kemikleri, dura gibi) kromofor maddeler de ölçülür. Bu etkiyi azaltmak için 2 dedektör kullanılır. Işık kaynağına yakın olan dedektör ekstraserebral dokudan, uzak olan dedektör ise derin dokudan ölçüm yapar. Böylece ekstraserebral dokunun etkisi en aza indirilmiş olur (98).

Serebral oksimetrelerin normal değerleri kişiler arasında farklılık gösterir. Arteriyel ve venöz kan hacmi oranındaki farklılıklar, hemoglobin konsantrasyonundaki değişiklikler, ışık kaynağı dedektör arasındaki mesafenin değişmesi, hemoglobinin dışı kromoforlar (melanin, bilirubin) miktarı bu farklılığın başlıca sebepleridir. Bu nedenle sabit değerler yerine trend monitörü olarak kullanılabilirler (91). Bazal ölçülen rSO₂ değerinden %20 düşmesi veya

%50'nin altındaki değerlerde ölçülen rSO₂ değerinin 50'den çıkarılması ile düşük satürasyonda geçen sürenin (saniye) çarpımının 3000'den fazla olması anlamlı olarak kabul edilir (99).

Kardiyak cerrahiler, hipotansif cerrahiler ve trendelenburg pozisyonunda uzun süre takip edilen hastalarda serebral oksimetrenin bazı sınırlamaları olmasına rağmen serebral doku oksijen düzeyini değerlendirmede faydalı olduğu farklı çalışmalarla gösterilmiştir(89, 90). Klinikte cerrahi operasyonların yanı sıra kardiyak arrestler gibi serebral akımın durduğu ve kardiyopulmoner resusitasyon ile serebral kan akımının devam ettirilmeye çalışıldığı durumlar sırasında efektif beyin oksijenizasyonunun değerlendirilmesinde de kullanılmaya başlanmıştır (102). Açık kalp cerrahisinde anestezi indüksiyonundan itibaren kullanılan serebral oksimetre postoperatif dönemde daha düşük serebral komplikasyonlarla ilişkili bulunmuştur. Özellikle açık kalp cerrahileri sonrası görülen kognitif bozukluklarda daha belirgindir. Kalp cerrahisi esnasında serebral oksijen desatürasyonu gelişen hastalarda postoperatif kognitif fonksiyon bozukluklarında, nörolojik komplikasyonlarda ve hastanede kalış gibi parametrelerde yükseliş tespit edilmiştir. Özellikle serebral oksijenizasyonun %20'den fazla azaldığı hastalarda postoperatif kognitif bozuklukların sık görüldüğü gözlenmiştir (99).

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamız, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda, Fakülte Etik Kurulu'nun onayı (Ek-1) ve çalışmaya katılanların tümünün imzalı oluru (Ek-2) alındıktan sonra, 01.12.2018-01.05.2020 tarihleri arasında Kardiyovasküler Cerrahi Kliniği tarafından elektif KABG operasyonu uygulanacak vakalarda yapıldı.

Hastaların tümü Amerikan Anestezistler Derneği (ASA) III sınıfında idi ve 18-65 yaş arası erişkin hastalar çalışmamıza dahil edildi. ASA IV ve üzeri, diyaliz programındaki, preoperatif kreatinin yüksekliği olan, acil vakalar, bilateral karotis darlığı %50 ve üzeri olan, preoperatif bilinen serebral iskemili hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Hastalara premedikasyon olarak operasyon gecesi 0,5 mg alprazolam operasyon sabahı 0.05-0.1mg/kg morfin uygulandı. Ameliyathaneye alınan hastalara 5 kanallı elektrokardiyografi ile D₂-V₅ derivasyonları, pulsoksimetre, non-invaziv kan basıncı ve NIRS monitörizasyonu yapıldı. İndüksiyon için 2,5-5 µg/kg fentanil, 10 mg diazepam, 0,6 mg/kg rokuronyum uygulandı. Yeterli anestezi derinliği sağlanınca erkekler 8-8,5 kadınlar 7-7,5 numara entübasyon tüpü ile entübe edildi. 6-8ml/kg tidal volüm 5-10 mmHg PEEP, 10-12 frekans, %50 O₂ hava karışımı ile mekanik ventilasyona başlandı. Non dominant elin radial arteri 20 gauge (G) kanül ile girilip invaziv arter monitorizasyonu sağlandı. Sağ internal juguler vene USG eşliğinde 7.0 french (F) üç yollu kateter yerleştirilerek santral ven basıncı monitorize edildi. Erkek hastalara 16-18 F, kadın hastalara 14-16 F foley sonda takıldı. Sondanın yeri USG ile teyit edildi. Özefageal ısı probu yerleştirilip monitörize edildi.

Çalışmaya alınan tüm hastaların operasyonları standart cerrahi teknik ile gerçekleştirildi. Antikoagülasyon santral ven yoluyla 300-400 IU/kg heparin ile sağlandı.

Aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı 30 dakikalık aralar ile bakılarak 480 sn üzerinde tutuldu. Yeterli antikoagölasyon sonrası aort kanülasyonunu takiben ekstrakorporeal dolaşıma bağlandı. Hastalar basit randomizasyon yöntemiyle ekstrakorporeal dolaşımın pulsatil ve nonpulsatil olmasına göre Grup I (n=26) pulsatil akım, Grup II (n=26) nonpulsatil olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Ekstrakorporeal dolaşım sırasında hem pulsatil hem nonpulsatil grupta Stöcker S5 roller pompa ve Affinity NT™ hollow-fiber membran oksijenatör kullanıldı.

Pulsatil grupta (Grup I) pompaya nonpulsatil mod ile girildi. Kros klemp konmasıyla pulsatil akıma geçildi. Pulsatil akım Stöckert S5 pulsatil kontrol sistem kullanılarak yapıldı. Nabız hızı 60 atım/dk, nabız genişliği %60 ve bazal akım %30 olarak ayarlandı. Nonpulsatil grupta (Grup II) standart nonpulsatil mod ile rutin protokole uygun devam edildi.

Her iki gruba da pompa prime solüsyonu için 1000 ml ringer laktat, 150 ml mannitol, 500 ml jelatin solüsyonu, 1 mg/kg heparin kullanıldı. Pompa akımı rutin protokole uygun hesaplandı (2,0-2,4 L/dk/m²). Hematokrit %20-25, hafif sistemik hipotermi (32-34°C), ortalama arter basıncı 50-70 mmHg olacak şekilde sürdürüldü. Gerektiğinde furosemid ve mannitol ile idrar çıkışı desteklendi. Magnezyum ve potasyum eklenerek hazırlanan kan kardiyoplejisi başlangıç 10 ml/kg devamında 20-30 dakika aralıklarla 5 ml/kg olarak verildi. Ekstrakorporeal dolaşım sürecinde anestezi idamesi olarak ketamin ve roküronyum standart dozlarda uygulandı. Koroner revaskülarizasyonun tamamlanmasını takiben, normotermi, yeterli dolum basınçları, hemodinamik stabilizasyon, asit-baz ve elektrolit dengesi sağlandıktan sonra ekstrakorporeal dolaşım sonlandırıldı. Gereğinde dopamin, dobutamin, noradrenalin ve nitrogliserin infüzyonu ile hemodinamik stabilizasyon sağlandı. Heparin nötralizasyonu 1/1,3 heparin/protamin olacak şekilde protamin ile sağlandı. Hastalar operasyon sonrasında entübe halde kalp damar cerrahisi yoğun bakım ünitesine nakledildi.

Hastalarda takip ettiğimiz parametreler; hastanın yaşı, boyu, kilosu, cinsiyeti, vücut kitle indeksi (VKİ), ASA skoru, operasyonun cinsi, ek hastalık varlığı, preoperatif akut renal yetmezlik skorları (Tablo 1), AKK (aort kros klemp süresi), total pompa süresi, operasyon öncesi ve sonrası üre ve kreatinin değerleri, operasyon esnasında bazal, 20. dk., 40. dk.daki PO₂, PCO₂, sPO₂, Na, K, baz açığı (B.E.), Hct ve NIRS ölçüm değerlerine ve her iki gruptaki total pompa idrar miktarına bakıldı ve kaydedildi. Ayrıca; total pompa süresi ile K, Na, B.E. değişim yüzdesi (bazal-40. dk.); total pompa süresi ile NIRS değişim yüzdesi (bazal-20. dk.-40. dk.); NIRS değişim yüzdesi (bazal ve 40. dk.) ile operasyon öncesi ve operasyon sonrası

üre, kreatinin değişim yüzdesi ve PO₂ ve PCO₂ değerlerinin değişim yüzdesi (bazal-40. dk) karşılaştırılması planlandı.

Tablo 1. Akut Renal Yetmezlik Skoru

Risk Faktörü	Skor
Kadın cinsiyet	1
Konjestif kalp yetmezliği	1
LV EF<%35	1
Preoperatif IABP kullanımı	2
KOAH	1
İnsülin gereken diyabet	1
Önceki kalp cerrahisi	1
Acil cerrahi	2
Sadece kapak cerrahisi	1
KABG+kapak	2
Diğer kalp cerrahileri	2
Preoperatif kreatinin 1.2 <2.1 mg/dL	2
Preoperatif kreatinin > 2.1 mg/dL	5

Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF), İntraaortik balon pompa (IABP), Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), Koroner arter baypas greftleme cerrahisi (KABG).

Çalışmamızda elde edilen veriler, istatistiki analize tabi tutulmuştur. İstatistiksel analizler “Jamovi project (2021), Jamovi (Version 1.8.4.0) [Computer Software] (Retrieved from <https://www.jamovi.org>) ve JASP (Version 0.14.1.0) (Retrieved from <https://jasp-stats.org>) programları ile yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin özetlenmesinde tanımlayıcı istatistikler sürekli (sayısal) değişkenler için dağılıma bağlı olarak ortalama ± standart sapma veya medyan, minimum ve maksimum olarak tablo halinde verildi. Sayısal değişkenlerin normallik durumları; Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleri ile kontrol edildi. Bağımsız iki grup karşılaştırılmalarında; sayısal değişkenlerin normal dağılım göstermediği durumlarda ise Mann Whitney U test kullanıldı. Farklı zamanlarda ölçülen (preoperatif, postoperatif ve bazal, 20’inci ve 40’uncü dakika) ve normal dağılım göstermeyen ölçümler arasındaki istatistiksel farklılıkların değerlendirilmesinde ise Friedman Test kullanıldı. Ölçümler arasındaki farklılıkların tespit edilebilmesi için Durbin-Conover testinden yararlanıldı. Gruplara göre kategorik değişkenler arasındaki farklılık karşılaştırmalarında beklenen gözelerin 5 ve üzerinde olan 2x2 tablolarda Pearson Ki-Kare, beklenen gözelerin 5’in altında olduğu tablolarda ise Fisher's Exact Test kullanılırken, beklenen gözelerin 5’in altında olduğu RxC tablolarda ise Fisher Freeman Halton test kullanıldı. Sayısal

değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde; sayısal değişkenlerin normal dağılım göstermediği durumlarda ise Spearman's Rho korelasyon Katsayısı kullanıldı. Bütün istatistik analizlerde p değeri için istatistiksel anlamlılık düzeyi $<0,05$ olarak kabul edilmiştir.



BULGULAR

DEMOGRAFİK VERİLER

Çalışmamıza 18-65 yaş arası ASA III koroner arter baypas greftleme operasyonuna alınan erişkin hastalar alınmıştır. Bu hastalara uygulanan ekstrakorporeal dolaşımın pulsatil ve nonpulsatil akımlarının serebral NIRS ve renal fonksiyonlar üzerine etkilerini araştırmayı planladık.

Bu amaçla çalışmamıza alınan vakaların, yaş ortalaması $60,2 \pm 4,7$ olarak saptanmıştır. Grup I'de (n=26) yaş ortalaması ($60,1 \pm 4,8$), Grup II'de (n=26) yaş ortalaması ($60,3 \pm 4,6$) her iki grup karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p=0,558$) (Tablo 2.). Çalışmamıza dahil edilen hastaların 42'sinin erkek (E), 10'unun ise kadın (K) olduğu; Grup I (%88,5 erkek, %11,5 kadın), Grup II'nin (%73,1 erkek, %26,9'u kadın) E/K oranları her iki grup karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farksız bulunmuştur ($p=0,291$) (Tablo 2.). Hastaların boy uzunluğu (cm) [Grup I' de (n=26) $167,0 \pm 5,2$, Grup II'de (n=26) $168,5 \pm 5,8$], ağırlık (kg) [Grup I' de (n=26) $79,5 \pm 13,3$, Grup II'de (n=26) $78 \pm 9,5$], VKİ [Grup I' de (n=26) $27,2 \pm 8,6$, Grup II'de (n=26) $27,3 \pm 8,2$] değerleri her iki grup karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p=0,424$, $p=0,776$, $p=0,927$) (Tablo 2.).

Tablo 2. Demografik veriler (Yaş, Boy, Kilo, Vücut kitle indeksi, Cinsiyet)

	Grup I (Pulsatil) (n=26)	Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	p
Yaş (yıl)	60,1 (46,0 – 65,0)	60,3 (43,0 – 65,0)	0,558
Antropometrik ölçümler			
Boy (cm)	167,0 (150,0 – 180,0)	168,5 (154,0 – 186,0)	0,424
Kilo (kg)	79,5 (50,0 – 110,0)	78,0 (54,0 – 113,0)	0,776
VKİ (kg/m ²)	27,2 (19,5 – 39,7)	27,3 (19,1 – 40,5)	0,927
Cinsiyet			
Erkek (E)	19 (73,1)	23 (88,5)	0,291
Kadın (K)	7 (26,9)	3 (11,5)	

Tanımlayıcı istatistikler sayısal değişkenler için dağılıma bağlı olarak ortalama (minimum – maksimum); kategorik değişkenler için sayı (%) şeklinde verildi.

*. P<0.05

VKİ: Vücut Kitle İndeksi

KLİNİK VERİLER

Hastaların 2'sine (%3,8) CABGX1, 7'sine (%13,5) CABGX2, 37'sine (%71,2) CABGX3 ve 6'sına (%11,5) CABGX4 uygulandı. Grup I (n=26) ve Grup II (n=26) arasında operasyon cinsi açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,760) (Tablo 3.). Hastaların ek hastalık varlığı değerlendirildiğinde 20'sinde (%38,5) diyabetes mellitus (DM) var iken 29'unun ise (%55,8) hipertansiyon (HT) varlığı saptandı. Grup I'de (n=26) [DM 9 (%34), HT 12 (%46,2)], Grup II'de (n=26) [DM 11 (%42), HT 17 (%65,4)] ek hastalıklar açısından her iki grup karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,776, p=0.264) (Tablo 3.). AKK [Grup I'de (n=26) 38,5 (21,0 – 66,0), Grup II'de (n=26) 47,5 (23,0 – 84,0)] ve total pompa süresi (dk) [Grup I'de (n=26) 65,0 (38,0 – 112,0), Grup II'de (n=26) 80,0 (45,0 – 129,0)] karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,080, p=0,096) (Tablo 3.). Yine hastaların akut renal yetmezlik skorları karşılaştırıldığında Grup I (n=26) (2,3) ve Grup II'de (n=26) (2,6) benzer dağılım gösterdiği saptanmıştır (p=0,660) (Tablo 3.).

Tablo 3. Grup I ve Grup II'deki hastaların klinik bilgilerinin karşılaştırılması

	Grup I (Pulsatil) (n=26)	Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	p
Operasyon cinsi			
CABGX1	1 (3,8)	1 (3,8)	0,760
CABGX2	5 (19,2)	2 (7,7)	
CABGX3	17 (65,4)	20 (76,9)	
CABGX4	3 (11,5)	3 (11,5)	
Ek hastalık varlığı			
DM	9 (34,6)	11 (42,3)	0,776
HT	12 (46,2)	17 (65,4)	0,264
AKK (dk)	38,5 (21,0 – 66,0)	47,5 (23,0 – 84,0)	0,080
Toplam pompa süresi (dk)	65,0 (38,0 – 112,0)	80,0 (45,0 – 129,0)	0,096
Akut renal yetmezlik skoru	2,3 (0-4)	2,6 (0-5)	0,660

Tanımlayıcı istatistikler sayısal değişkenler için dağılıma bağlı olarak ortalama (minimum – maksimum); kategorik değişkenler için sayı (%) şeklinde verildi.

*. P<0,05

HT: Hipertansiyon, **DM:** Diyabetes mellitus, **AKK:** Aort kros klem süresi

LABORATUVAR PARAMETRELERİ

Grup I (n=26) ve Grup II (n=26) Üre, Kreatinin değerleri açısından preoperatif ve postoperatif dönemler karşılaştırıldığında;

Gruplar arası Üre ölçümleri karşılaştırıldığında preoperatif ve postoperatif dönem ölçümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu (p=0,138, p=0,927) (Tablo 4) (Şekil 3).

- Grup içi Üre ölçüm değerleri Grup I ve Grup II'de preoperatif ve postoperatif dönem karşılaştırıldığında ise postoperatif dönemde her iki grupta da anlamlı yüksek bulundu (p=0,001, p=0,001) (Tablo 4) (Şekil 3).

Gruplar arası Kreatinin ölçümleri preoperatif ve postoperatif dönem ölçümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu (p=0,608, p=0,905) (Tablo 4) (Şekil 4).

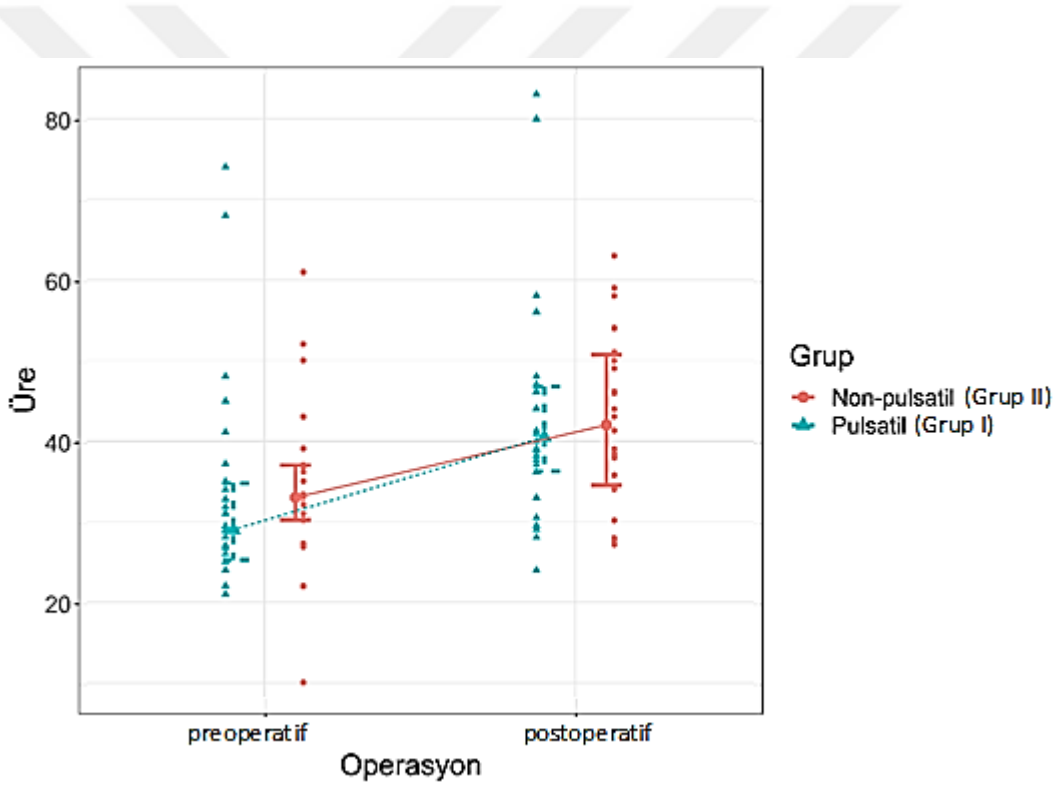
- Grup içi Kreatinin ölçüm değerleri Grup I ve Grup II'de preoperatif ve postoperatif dönem karşılaştırıldığında ise postoperatif dönemde her iki grupta da anlamlı yüksek bulundu (p=0,020, p=0,004) (Tablo 4) (Şekil 4).

Tablo 4. Üre ve Kreatinin parametrelerine ait farklı zamanlardaki ölçüm değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması

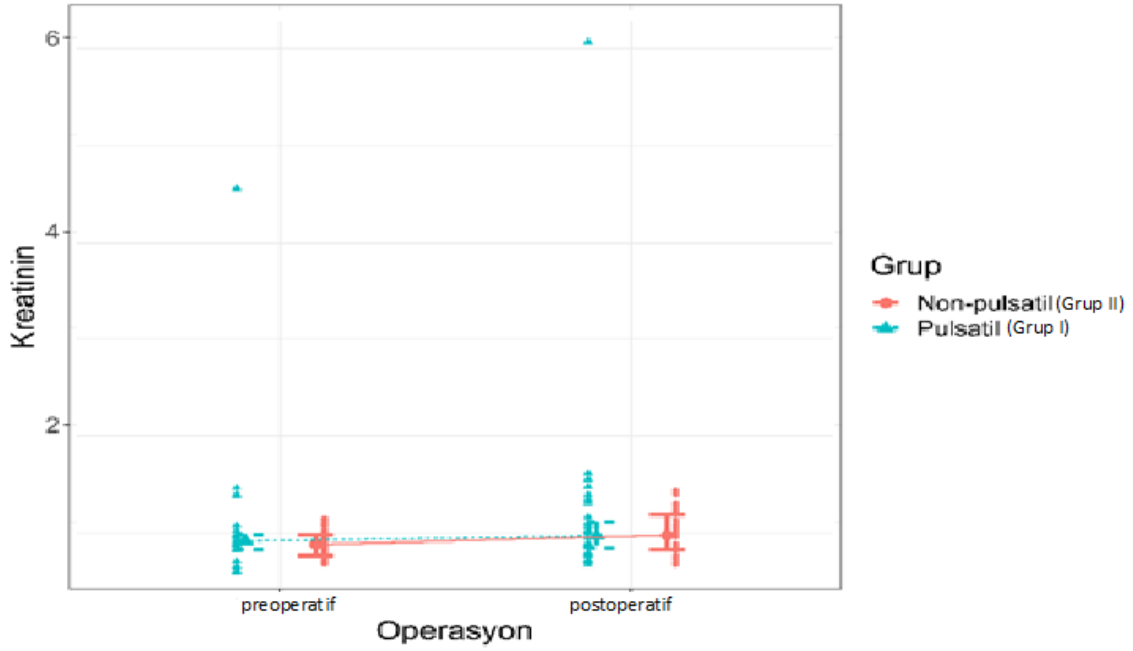
	Grup I (Pulsatil) (n=26)	Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	p
ÜRE			
Preoperatif	29,0 (21,0 – 74,0)	33,0 (10,0 – 61,0)	0,138
Postoperatif	40,5 (24,0 – 83,0)	42,0 (27,0 – 63,0)	0,927
p	<0,001*	<0,001*	
Kreatinin			
Preoperatif	0,9 (0,6 – 4,5)	0,9 (0,7 – 1,1)	0,608
Postoperatif	1,0 (0,7 – 6,1)	1,0 (0,7 – 1,4)	0,905
p	0,020*	0,004*	

Tanımlayıcı istatistikler sayısal değişkenler için dağılıma bağlı olarak medyan (minimum – maksimum) şeklinde verildi.

*. P<0,05



Şekil 3. Üre preoperatif-postoperatif değişimi



Şekil 4. Kreatinin preoperatif-postoperatif değişimi

Grup I (n=26) ve Grup II (n=26) NIRS ve Kan gazı parametreleri açısından bazal, 20. dk., 40. dk. karşılaştırıldığında;

Gruplar arası NIRS ölçümleri karşılaştırıldığında bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,087$, $p=0,558$, $p=0,701$) (Tablo 5).

- Grup içi NIRS ölçümleri Grup I ve Grup II'de bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da anlamlı düşük bulundu ($p=0,004$, $p=0,001$) (Tablo 5).

Gruplar arası PO_2 ölçümleri karşılaştırıldığında bazal ölçümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,742$). Grup I hastaların 20. dk., 40. dk. ölçümleri Grup II hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulundu ($p=0,009$, $p=0,001$) (Tablo 5) (Şekil 5).

- Grup içi PO_2 ölçümleri Grup I'de bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu ($p=0,002$), Grup II'de ise istatistiksel olarak farksız olduğu bulundu ($p=0,183$) (Tablo 5) (Şekil 5).

Gruplar arası PCO_2 ölçümleri karşılaştırıldığında bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,374$, $p=0,164$, $p=0,244$) (Tablo 5) (Şekil 6).

- Grup içi PCO₂ lümleri Grup I ve Grup II'de bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da anlamlı düşük bulundu ($p<0,001$, $p<0,001$) (Tablo 5) (şekil 6).

Gruplar arası SPO₂ lümleri karşılaştırıldığında bazal ölçümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,558$). Grup I hastaların 20. dk., 40. dk. lümleri Grup II hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulundu ($p=0,008$, $p=0,001$) (Tablo 5) (şekil 7).

- Grup içi SPO₂ lümleri Grup I'de bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu ($p<0,001$), Grup II'de ise istatistiksel olarak farksız olduğu bulundu ($p=0,055$) (Tablo 5) (şekil 7).

Gruplar arası K lümleri karşılaştırıldığında bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,223$, $p=0,993$, $p=0,379$) (Tablo 5) (şekil 8).

- Grup içi K lümleri Grup I ve Grup II'de bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da anlamlı yüksek bulundu ($p<0,001$, $p<0,001$) (Tablo 5) (şekil 8).

Gruplar arası Na lümleri karşılaştırıldığında Grup I hastaların bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri Grup II hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulundu ($p<0,001$, $p<0,001$, $p=0,004$) (Tablo 5) (şekil 9).

- Grup içi Na lümleri Grup I ve Grup II'de bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da anlamlı düşük bulundu ($p<0,001$, $p<0,001$) (Tablo 5) (şekil 9).

Gruplar arası B.E. lümleri karşılaştırıldığında bazal ve 40. dk. lümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,346$, $p=0,540$). Grup I hastaların 20. dk. lümleri Grup II hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulundu ($p=0,016$) (Tablo 5) (şekil 10).

- Grup içi B.E. lümleri Grup I ve Grup II'de bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da anlamlı düşük bulundu ($p<0,001$, $p<0,001$) (Tablo 5) (şekil 10).

Gruplar arası Hct lümleri karşılaştırıldığında bazal, 20. dk., 40. dk. lümleri arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu ($p=0,891$, $p=0,221$, $p=0,396$) (Tablo 5) (şekil 11).

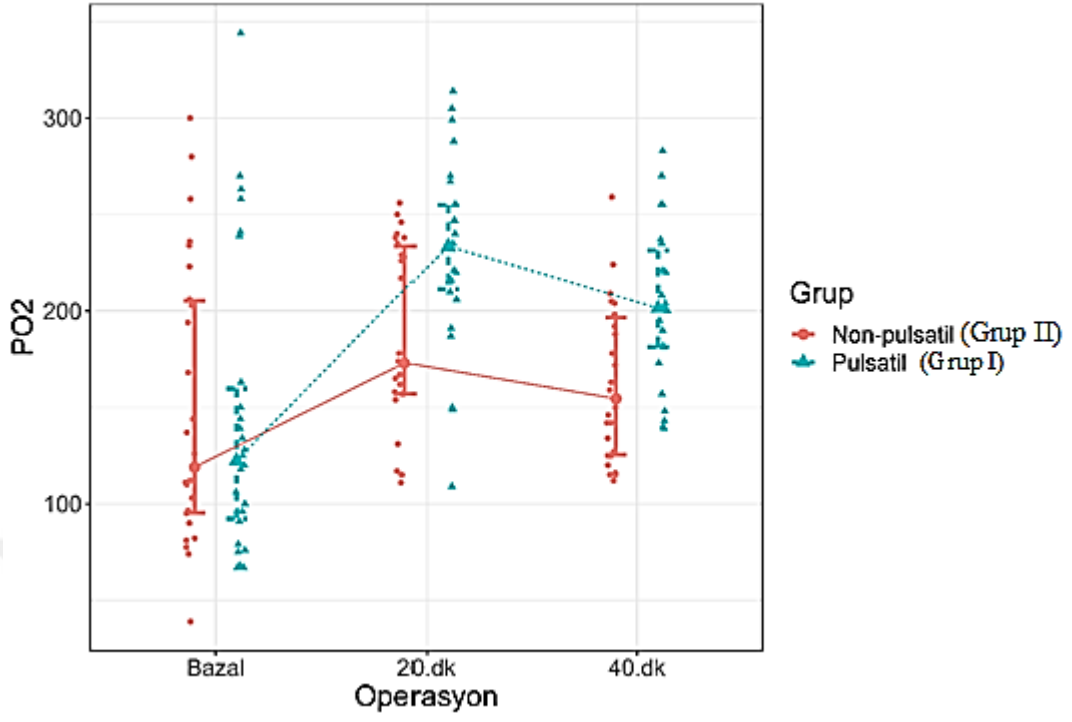
- Grup içi Hct ölçümleri Grup I ve Grup II’de bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da anlamlı düşük bulundu ($p<0,001$, $p<0,001$) (Tablo 5) (Şekil 11).

Tablo 5. NIRS ve Kan gazı parametrelerine ait farklı zamanlardaki ölçüm değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması

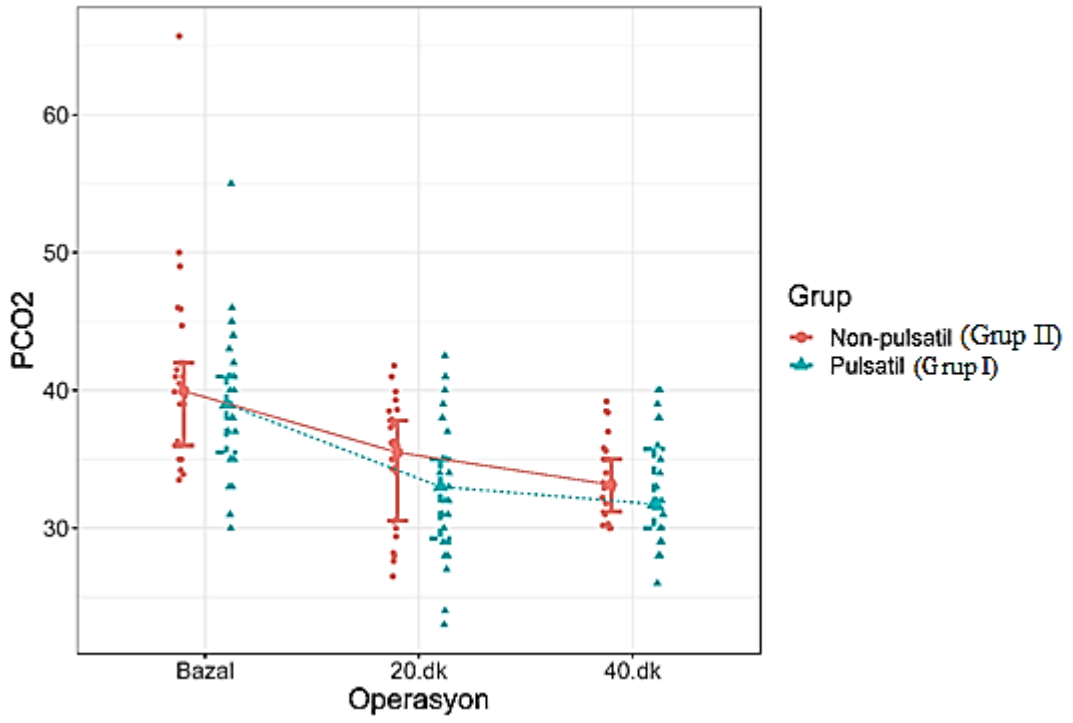
	Grup I (Pulsatil) (n=26)	Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	p
NIRS			
Bazal	60,0 (40,5 – 77,0)	63,8 (51,0 – 85,0)	0,087
20. dk	57,5 (36,0 – 71,0)	56,5 (41,5 – 81,0)	0,558
40. dk	59,0 (46,0 – 72,5)	59,0 (43,0 – 80,0)	0,701
p	0,004*	<0,001*	
PO₂			
Bazal	122,5 (67,0 – 344,0)	119,0 (38,9 – 300,0)	0,742
20. dk	233,5 (109,0 – 314,0)	173,0 (111,0 – 256,0)	0,009*
40. dk	201,5 (139,0 – 283,0)	154,5 (112,0 – 259,0)	0,001*
p	0,002*	0,183	
PCO₂			
Bazal	39,0 (30,0 – 55,0)	40,0 (33,5 – 65,7)	0,374
20. dk	33,0 (23,0 – 42,5)	35,5 (26,5 – 41,8)	0,164
40. dk	31,8 (26,0 – 40,0)	33,1 (30,0 – 39,2)	0,244
p	<0,001*	<0,001*	
SPO₂			
Bazal	98,0 (93,0 – 99,0)	98,0 (94,0 – 100,0)	0,588
20. dk	99,0 (98,0 – 100,0)	99,0 (97,0 – 100,0)	0,008*
40. dk	99,0 (99,0 – 100,0)	99,0 (97,0 – 99,0)	0,001*
p	<0,001*	0,055	
K			
Bazal	3,8 (3,1 – 4,9)	4,0 (3,4 – 5,0)	0,223
20. dk	4,4 (3,5 – 5,6)	4,4 (3,4 – 5,9)	0,993
40. dk	5,1 (4,0 – 6,9)	4,8 (3,6 – 6,8)	0,379
p	<0,001*	<0,001*	
Na			
Bazal	140,0 (136,0 – 143,0)	136,0 (125,0 – 145,0)	<0,001*
20. dk	136,0 (128,0 – 141,0)	132,0 (126,0 – 138,0)	<0,001*
40. dk	134,0 (121,0 – 140,0)	131,5 (122,0 – 139,0)	0,004*
p	<0,001*	<0,001*	
B.E.			
Bazal	0,9 (-3,2 – 4,7)	1,3 (-5,4 – 7,2)	0,346
20. dk	1,6 (-3,5 – 6,4)	-0,3 (-8,7 – 4,7)	0,016*
40. dk	-0,6 (-7,3 – 3,5)	-0,6 (-7,2 – 5,0)	0,540
p	<0,001*	<0,001*	
Hct			
Bazal	41,0 (32,0 – 54,0)	40,0 (32,0 – 48,0)	0,891
20. dk	21,0 (14,0 – 33,0)	21,0 (14,0 – 27,0)	0,221
40. dk	23,0 (18,0 – 31,0)	24,0 (18,0 – 34,0)	0,396
p	<0,001*	<0,001*	

Tanımlayıcı istatistikler sayısal değişkenler için dağılıma bağlı olarak medyan (minimum – maksimum) şeklinde verildi.

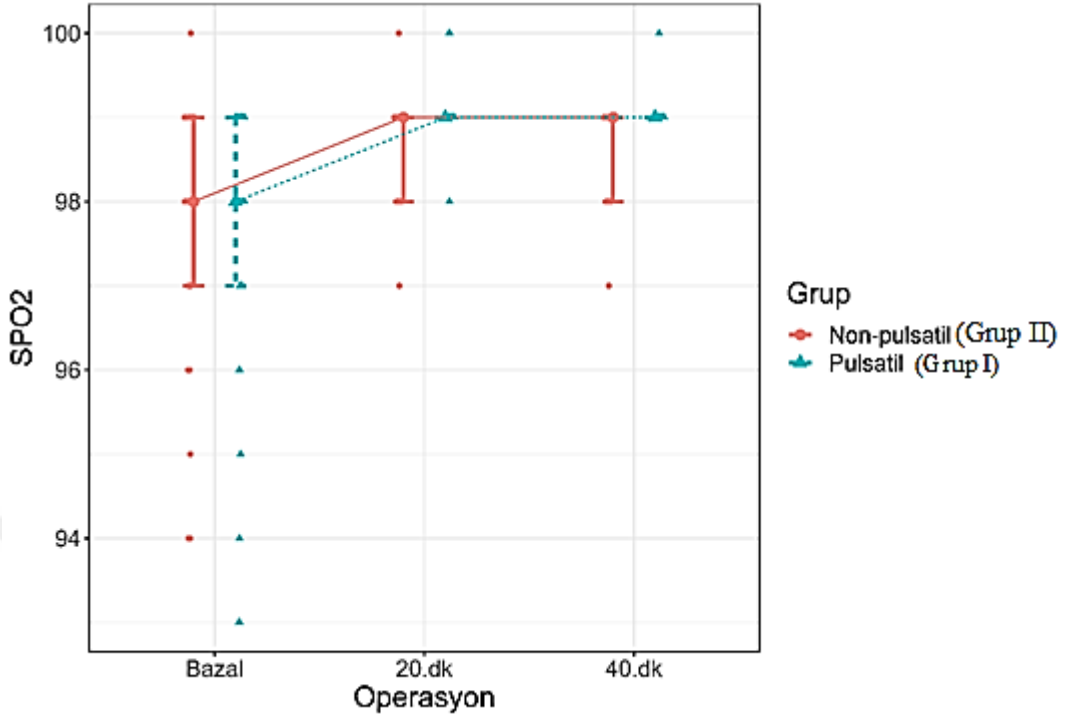
*. $P<0,05$



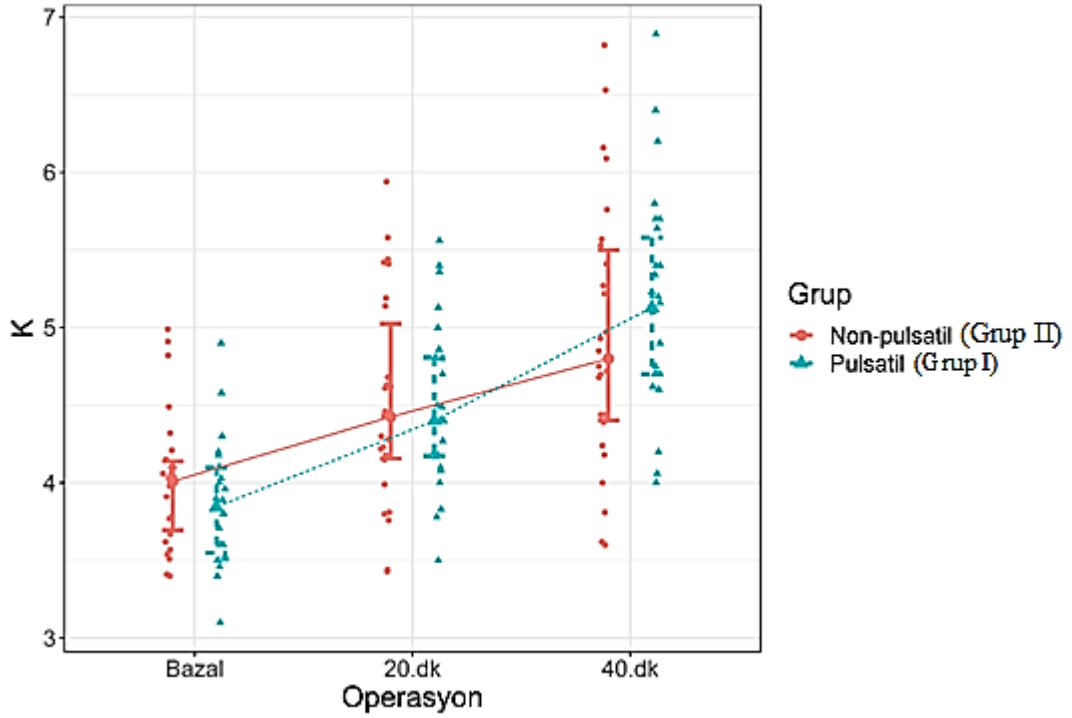
Şekil 5. PO₂ bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi



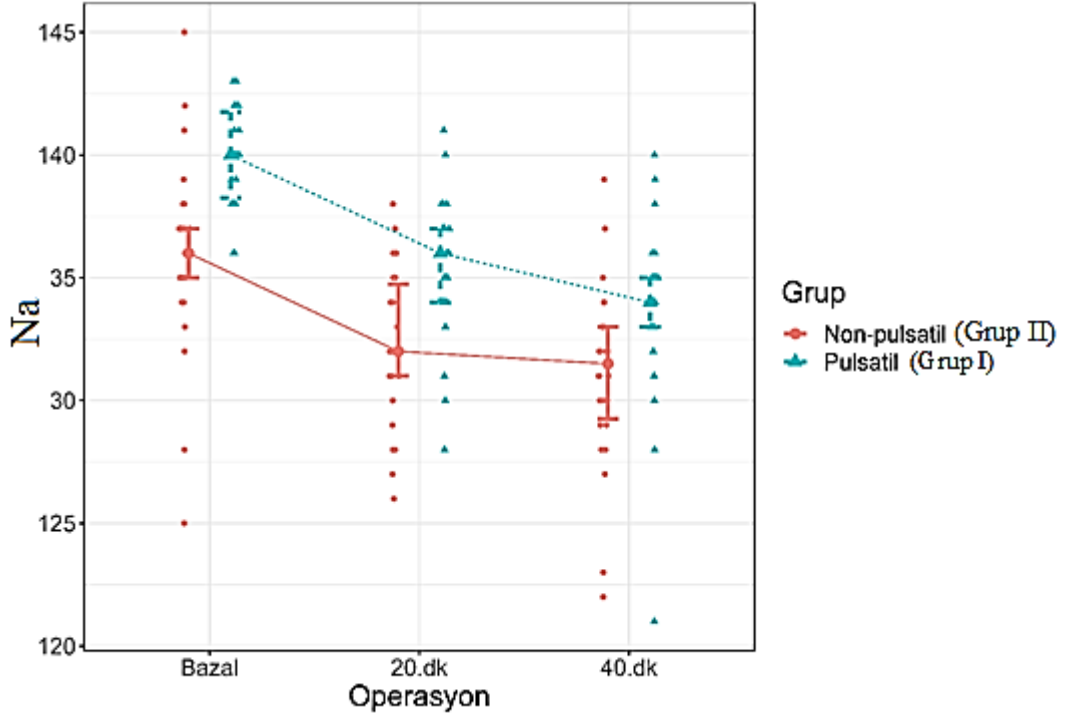
Şekil 6. PCO₂ bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi



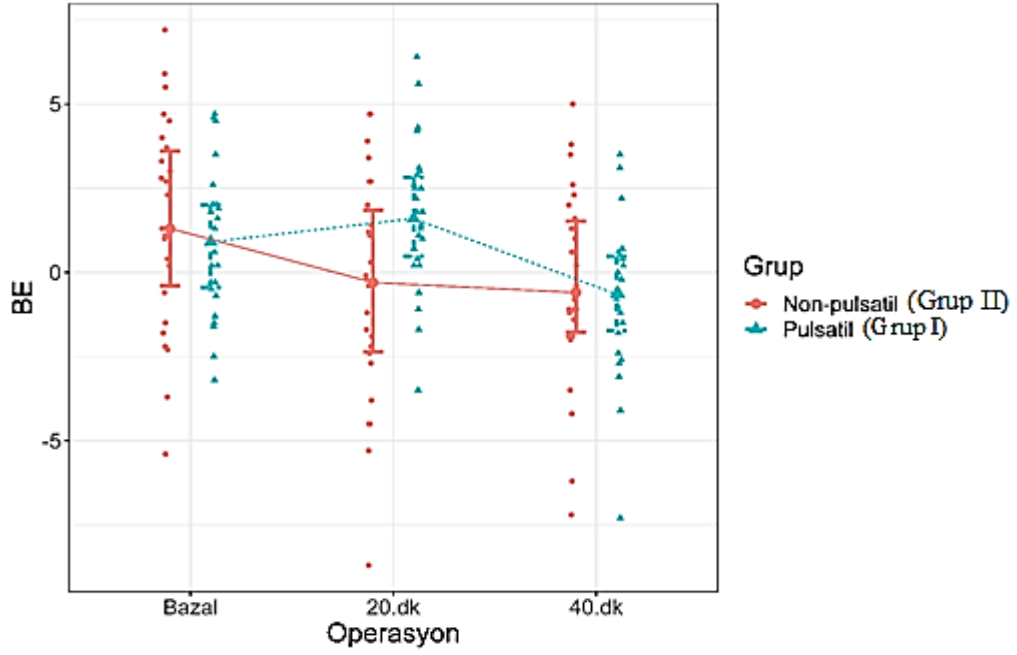
Şekil 7. SPO₂ bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi



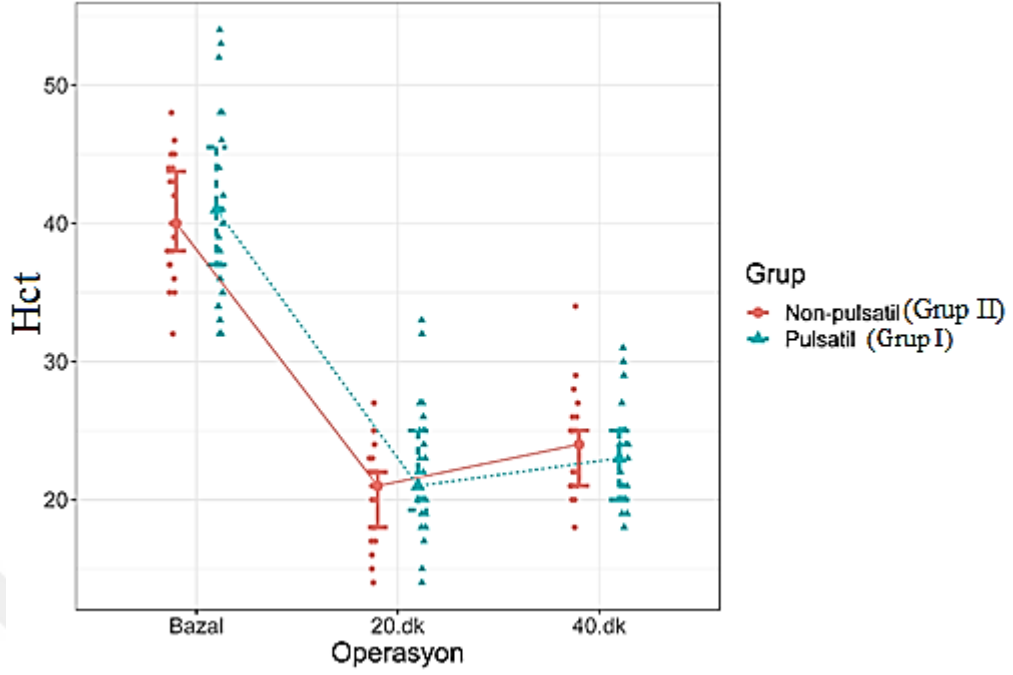
Şekil 8. K bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi



Şekil 9. Na bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi



Şekil 10. BE bazal, 20. dk., 40. dk. değişimi



Şekil 11. Hct bazal, 20. dk., 40. dk. Değişimi

Grup I (n=26) ve Grup II'deki (n=26) hastaların laboratuvar parametrelerine ait bazal-20'inci dakika, bazal-40'ıncı dakika ve 20'inci dakika-40'ıncı dakikalar arasındaki değişim oranı ortalamaları karşılaştırıldığında;

- 20.dk-40.dk baz açığı değişim oranı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edildi (Tablo 6) ($p=0,047$).
- Bazal-20.dk ve 20.dk-40.dk Hct değişim oranı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi (Tablo 6) ($p=0,027$ ve $p=0,009$).
- Diğer karşılaştırmalarda ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 6).

Tablo 6. Grup I ve Grup II ‘deki hastaların laboratuvar parametrelerine ait bazal-20’inci dakika, bazal-40’inci dakika ve 20’inci dakika-40’inci dakikalar arasındaki değişim oranı ortalamalarının karşılaştırılması.

	Grup I (Pulsatil) (n=26)	Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	p
NIRS			
Bazal-20.dk	-6,6 (-36,2 – 21,0)	-11,0 (-42,6 – 7,4)	0,297
Bazal-40.dk	-6,2 (-34,2 – 22,2)	-6,9 (-34,5 – 13,4)	0,284
20.dk-40.dk	1,6 (-13,8 – 27,8)	0,9 (-21,9 – 33,7)	0,971
ÜRE			
Preoperatif-Postoperatif	29,0 (-39,7 – 123,8)	20,9 (-15,6 – 200,0)	0,385
Kreatinin			
Preoperatif-Postoperatif	9,5 (-22,0 – 50,8)	11,1 (-12,2 – 48,3)	0,784
PO₂			
Bazal-20.dk	74,4 (-33,1 – 303,0)	36,0 (-47,3 – 558,1)	0,116
Bazal-40.dk	71,2 (-41,9 – 240,0)	10,5 (-61,3 – 437,3)	0,065
20.dk-40.dk	-19,3 (-54,1 – 90,8)	-10,1 (-52,1 – 69,2)	0,862
PCO₂			
Bazal-20.dk	-16,8 (-30,9 – 17,1)	-13,4 (-58,0 – 5,8)	0,122
Bazal-40.dk	-16,6 (-41,8 – 15,2)	-15,3 (-53,9 – 13,3)	0,920
20.dk-40.dk	0,0 (-31,7 – 30,4)	-4,8 (-22,3 – 30,6)	0,336
SPO₂			
Bazal-20.dk	1,0 (-1,0 – 6,4)	0,0 (-2,0 – 5,3)	0,139
Bazal-40.dk	1,0 (0,0 – 6,4)	0,5 (-2,0 – 5,3)	0,168
20.dk-40.dk	0,0 (-1,0 – 1,0)	0,0 (-1,0 – 1,0)	0,729
K			
Bazal-20.dk	17,9 (0,0 – 45,3)	10,3 (-13,8 – 48,2)	0,129
Bazal-40.dk	30,6 (-2,3 – 81,3)	23,1 (-26,7 – 71,4)	0,109
20.dk-40.dk	16,8 (-16,8 – 40,0)	14,1 (-39,4 – 52,9)	0,421
Na			
Bazal-20.dk	-3,5 (-10,5 – 2,2)	-2,9 (-7,1 – 2,4)	0,993
Bazal-40.dk	-4,3 (-13,6 – 1,4)	-3,7 (-9,0 – 6,4)	0,558
20.dk-40.dk	-1,5 (-11,7 – 3,9)	-1,1 (-6,1 – 5,4)	0,920
Baz açığı			
Bazal-20.dk	-51,0 (-950,0 – 2050,0)	-37,4 (-950,0 – 266,7)	0,942
Bazal-40.dk	-66,9 (-1000,0 – 233,3)	-67,3 (-663,6 – 216,7)	0,798
20.dk-40.dk	-98,2 (-1450,0 – 300,0)	-38,2 (-2400,0 – 400,0)	0,047*
Hct			
Bazal-20.dk	-45,5 (-61,5 – -37,8)	-49,4 (-62,5 – -37,5)	0,027*
Bazal-40.dk	-43,8 (-53,9 – -21,9)	-41,9 (-55,6 – -24,4)	0,206
20.dk-40.dk	4,7 (-12,0 – 35,7)	16,7 (-9,1 – 60,0)	0,009*

Tanımlayıcı istatistikler sayısal değişkenler için dağılıma bağlı olarak medyan (minimum – maksimum) şeklinde verildi.

*. p<0,05

Grup I ve Grup II ayrı ayrı ele alınarak total pompa süresi ile NIRS değerlerine ait bazal-20’inci dakika, bazal-40’inci dakika ve 20’inci dakika-40’inci dakikalar arasındaki değişim oranları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı ve doğrusal bir ilişki olup olmadığı incelendiğinde;

- Grup I hastaların; total pompa süresi ile NIRS (Bazal-20.dk) değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı, doğrusal, aynı yönlü ve zayıf bir ilişki olduğu tespit edildi (Tablo 8) ($r=0,394$ $p=0,046$).
- Aynı şekilde Grup I hastaların; total pompa süresi ile NIRS (20.dk-40.dk) değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı, doğrusal, ters yönlü ve orta düzeyde bir ilişki olduğu sonucuna varıldı (Tablo 8) ($r=-0,593$ $p=0,001$).
- Diğer karşılaştırmalarda ise istatistiksel olarak anlamlı ve doğrusal bir ilişki saptanmadı (Tablo 8).

Tablo 8. Grup I ve Grup II’de total süre ile NIRS değerlerine ait bazal-20’inci dakika, bazal-40’inci dakika ve 20’inci dakika-40’inci dakikalar arasındaki değişim oranları arasındaki korelasyon.

		Grup I (Pulsatil) (n=26)		Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	
		r	p	r	p
TOTAL pompa süresi	- NIRS (Bazal-20.dk) %	0,394	0,046*	0,237	0,243
TOTAL pompa süresi	- NIRS (Bazal-40.dk) %	-0,137	0,504	0,291	0,150
TOTAL pompa süresi	- NIRS (20.dk-40.dk) %	-0,593	0,001*	0,098	0,633

*. $p<0,05$

Grup I ve Grup II ayrı ayrı ele alınarak NIRS (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi ile Üre ve kreatinin (Preoperatif-Postoperatif) değişim yüzdeleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı ve doğrusal bir ilişki olmadığı görüldü (Tablo 9).

Tablo 9. Grup I ve Grup II’de NIRS (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi ile Üre ve kreatinin (Preoperatif-Postoperatif) değişim yüzdeleri arasındaki korelasyon.

		Grup I (Pulsatil) (n=26)		Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	
		r	p	r	p
NIRS (Bazal-40.dk) %	- Üre (Preoperatif-Postoperatif) %	0,097	0,638	-0,153	0,455
NIRS (Bazal-40.dk) %	- Kreatinin (Preoperatif-Postoperatif) %	0,237	0,244	-0,184	0,368

*. $p<0,05$

Grup I ve Grup II’de NIRS (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi ile PO_2 ve PCO_2 (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde; Grup II hastaların NIRS (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi ile PCO_2 (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi karşılaştırıldığında

istatistiksel olarak anlamlı, doğrusal, aynı yönde ve orta düzey bir ilişki olduğu saptandı (Tablo 10) ($r=0,466$ $p=0,017$). Diğer karşılaştırmalarda ise istatistiksel olarak anlamlı ve doğrusal bir ilişki olmadığı tespit edildi (Tablo 10) ($p>0,05$).

Tablo 10. Grup I ve Grup II’de NIRS (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi ile PO₂ ve PCO₂ (Bazal-40.dk) değişim yüzdesi arasındaki korelasyon.

			Grup I (Pulsatil) (n=26)		Grup II (Nonpulsatil) (n=26)	
			r	p	r	p
NIRS (Bazal-40.dk) %	-	PO ₂ (Bazal-40.dk) %	0,206	0,313	-0,245	0,226
NIRS (Bazal-40.dk) %	-	PCO ₂ (Bazal-40.dk) %	0,251	0,216	0,466	0,017*

*. $p<0,05$

Grup I ve Grup II’de pompa süresince total idrar miktarlarının ortalama değeri ve ultrafiltrasyon (UF) uygulanan hasta sayısı değerlendirilmesinde; Grup I’de pompa total idrarının ve UF uygulamasının Grup II’den istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptandı (Tablo 11) ($p=0,01$, $p=0,033$).

Tablo 11. Grup I ve Grup II’de total pompa idrarı ve UF uygulanan hasta sayısı

	Pompa Total İdrarı (ml)	UF	p
Grup I (Pulsatil) (n=26)	278,84	1	0,01*
Grup II Nonpulsatil (n=26)	107,69	3	0,033*

*. $p<0,05$

UF: Ultrafiltrasyon

TARTIŞMA

Koroner arter hastalığı kronik renal yetmezlik ve renal arterlerdeki değişikliklerle ilişkilidir (103). KABG kararı alınan hastaların çoğu yaşı, sol ventrikül yetmezliği olan ve düşük glomerüler filtrasyon hızlı (GFR) hastalardır (104). Preoperatif GFR değeri postoperatif akut böbrek yetmezliğinin en güçlü predüktörüdür. KPB renal yetmezliğin bağımsız bir risk faktörüdür (105). KPB sırasında, kanın yabancı bir yüzeyle teması hemodilüsyon, hipotermi ve geleneksel olarak kullanılan nonpulsatil akım nedeniyle oluşabilir. Geleneksel KPB’de nonpulsatil akım nedeniyle artmış renin sekresyonu böbrekleri diğer organlardan daha fazla etkiler. Nonpulsatil akımla beraber sempatik aktivasyon vazokonstrüksiyon ve artmış artyük ile sonuçlanır. Bu da arteriyel baroreseptörlerin normal pulsatil akıma göre daha duyarsız hale gelmesini sağlar (106). Yapılan bu çalışmalarda pulsatil akış modeli kullanıldığında beyin, kalp, böbrek ve akciğer gibi hayati organlardaki dolaşımın arttığını bildirmiştir (77, 82, 107). Bu fenomenin, özellikle beyin ve böbreklerde dolaşımında bir artışa yol açan fizyolojik bir akış modeli etkisine neden olan pulsatil akış sırasında üretilen fazla hemodinamik enerjinin bir sonucu olduğu bilinmektedir (108). Ayrıca, pulsatil akımlı KPB sonrasında hayati organ fonksiyonlarının daha hızlı düzeldiği, sistemik inflamasyon ve ödemin azalmasına yol açtığı bildirilmiştir (82, 107).

Akut böbrek hasarı, kalp cerrahisi sonrası sık görülen bir yan etkidir ve böbrek fonksiyonlarında saatler veya günler içinde hızlı bir azalmaya neden olur (109). ABH yüksek mortalite ile ilişkili olduğundan, risk faktörlerinin değerlendirilmesi ve tahmine dayalı puanlama, yüksek riskli hastaları belirlemeye yardımcı olabilir. ABH’yi önlemeye yönelik önlemleri zamanında başlatmak için böbrek hasarının erken tespiti kritik öneme sahiptir. Glomerüler filtrasyon hızının değerlendirilmesinin aksine, serum veya idrar belirteçlerinin

ölçümü, fonksiyon bozulmadan önce bile böbrek hasarının saptanmasına yardımcı olabilir. Serum veya idrar NGAL değeri, ameliyattan 4-6 saat sonra tübüler hasarı göstermektedir (110).

Diğer organlar ve böbreklerdeki değişiklikler 24 saatten sonra belirti verdiği için böbrek yetmezliğinin erken tanısı KBP’de çok önem kazanmaktadır (111). Diaz ve ark. (112) 2008’de hazırladıkları meta analizde karaciğer ve renal yetmezliğinin erken tanı ve tedavisinin mortalite ve morbiditeyi azalttığını göstermiştir. 2843 KBP uygulanan hasta ile yapılan bir çalışmada %7,9 akut böbrek yetmezliği geliştiği, %0,7 renal replasman tedavisi ihtiyacı olduğu gösterilmiştir. Renal replasman tedavisi ihtiyacı gelişen hastalarda mortalite %28 oranında olduğu gösterilmiştir (113). Khilji ve Khan (114) tarafından yapılan ardışık 500 kardiyak cerrahi uygulanan hastanın dahil olduğu çalışmada akut renal yetmezlik gelişen hastaların mortalite oranlarını %88,8 olarak tespit etmişlerdir.

Pulsatil ve nonpulsatil akımları açık kalp cerrahisinde karşılaştıran klinik çalışmaları pulsatil perfüzyonun daha iyi kardiyak, renal ve pulmoner sonuçları olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda azalmış sistemik inflamatuvar yanıt, azalmış inotrop ihtiyacı, kısa hastanede kalım süresi ve artmış organ korunması pulsatil akımın açık kalp cerrahisindeki yararlarıdır (115, 116).

Konu son on yılda sıkça tartışılmasına rağmen, çalışmalar birbiriyle çelişen önerileri savunmuştur. Sonuç olarak, KPB sırasında optimal perfüzyon karakteristiği hala tartışılmaktadır. Elektif koroner arter baypas greftleme cerrahisi sırasında optimum akış karakterine odaklanan bugüne kadar sistematik bir inceleme bulunmamaktadır.

Halen açık kalp cerrahisinde organ koruma stratejilerinin ve erken tanı yöntemlerinin geliştirilmesi gerekliliği düşünülmektedir. Biz de çalışmamızda EKD’de serebral NIRS ölçümleri yaparak pulsatil ve nonpulsatil akım arasındaki renal fonksiyonları karşılaştırmayı amaçladık.

Kalp cerrahisi ile ilişkili böbrek hasarı yaş, KBP süresi, kros klemp süresi, operasyon tipi, kullanılan ilaçlar, metabolik faktörler, iskemi-reperfüzyon hasarı, nörohormonal faktörlerin aktivasyonu, inflamasyon, oksidatif stres gibi birçok sebebe bağlı olarak gelişir (117). Kalp cerrahisi ile ilişkili böbrek hasarı için RIFLE, KDIGO, AKIN gibi çok fazla farklı tanı kriterleri mevcuttur (118). Son zamanlarda NGAL gibi yeni belirteçler sunulmuştur. Ancak tanı için halen ortak kriterler plazma kreatinin seviyesindeki artışa ve üre atılımına dayanmaktadır (119). Borulu ve ark. (82) 2020 yılında pulsatil ve nonpulsatil akımın böbrek

etkilerini araştıran çalışmada postoperatif 5. güne kadar takip edilen kreatinin ve üre değerlerinin pulsatil grupta anlamlı olarak daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Onorati ve ark. (120) 158 hastada pulsatil akımın perfüzyonu düzeltip dzeltmediğini araştırdığı çalışmasında postoperatif 48 saate kadar kreatinin değerinin pulsatil grupta anlamlı olarak daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Baraki ve ark. (116) 1959 ardışık hastada kalp cerrahisinde pulsatil akımın etkilerini araştırdığı çalışmasında pulsatil akımın böbrek fonksiyonlarını ve mortaliteyi etkilemediğini ancak, kritik hastalarda hastanede kalış süresini azaltığını tespit etmişlerdir. Biz alışmamızda üre ve kreatininin değerlerinin preoperatif ve postoperatif dönemde karşılaştırdığımızda Grup I ve Grup II arasında istatistiksel olarak fark olmadığını saptadık ($p>0.05$). Ayrıca alışmamızda NIRS değişim yüzdesi ile üre ve Kreatinin değişim yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı doğrusal ilişki olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

NIRS lm biyobilim alanında kullanılan titreşim spektroskopisi tekniği olarak özetlenebilir. Çeşitli uygulamalarda kalitatif ve kantitatif değerlendirmelerin yapılmasında önemli bir statü kazanmıştır. NIRS son gelişmelerle kullanım eğilimini hızlandıran non invaziv ve rakip tekniklerle elde edilmesi zor olan bilgileri sağladığını göstermiştir (121). Kandaki metabolitlerin ve oksijenlenme düzeyinin araştırılması 1977'de Jobsis tarafından NIR spektroskopisinin en eski uygulamalarından biri olmuştur. Kan analizi amacıyla kullanımı 90'larda hızlanmış, mevcut teknoloji ve önerilen yöntemlerle daha nicel ve doğrudan ölümleri mümkün kılmıştır. Bu gelişmelerin sonucu olarak NIRS günümüzde kan ve vücut sıvılarının analizi için iyi bir araç olmakla birlikte aktif ve sürekli gelişen bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir. NIRS hemoglobine özgünlüğü ve duyarlılığı, invaziv olmayan tanı amaçlı fırsatlar yaratır (122). Mitchell (123) KABG cerrahisinde akım ölçen özel bir NIRS cihazı ile yaptığı çalışmada pulsatil perfüzyon kullanılan hastalarda karotis akımının hem sağ hem solda daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu çalışmayla birlikte beyni besleyen ana arterlerdeki akımın pulsatil perfüzyonla daha iyi olduğu gösterilmiştir. Son yıllarda de Keijzer ve ark. (16) tarafından KABG uygulanan olgulara peroperatif renal bölge NIRS ölümlerinin postoperatif böbrek yetmezliği ile ilişkisini araştırdıkları çalışmada renal bölge NIRS lmnn postoperatif ABY'yi n görmede yetersiz olduğunu tespit etmişlerdir. Balcı ve ark. (17) tarafından kalp cerrahisi geçiren hastalarda peroperatif ve postoperatif llen hemoglobin ve serebral NIRS ile akut böbrek hasarı arasındaki korelasyonu değerlendiren çalışmalarında tek başına serebral NIRS lmnn postoperatif ABH'yi öngörebileceğini tespit etmişlerdir. Biz de çalışmamızda serebral NIRS değerleri ile böbrek fonksiyonlarını karşılaştırdık. Çalışmamızda Grup I'de Grup II'ye göre serebral NIRS değerlerindeki değişimin istatistiksel

olarak farksız olduğunu tespit ettik. Grup içi değerlendirildiğinde Grup II’de 40. dakikada bazal değere göre anlamlı bir düşüklük olduğunu gördük ($p=0,003$). Grup I’de ise bazal değere göre 20. dakikada anlamlı bir düşüklük ($p<0.001$) olmasına rağmen bazal değere göre 20. ve 40. dakikalarda anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Ayrıca çalışmamızda Grup I’de total pompa süresi ile NIRS değişim oranları (20. dk.- 40. dk.) arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğu tespit edildi ($p=0,001$)

Michael P. O’Neil ve ark. (58) 2012’de pulsatil ve nonpulsatil akımın mikrodolaşım ve sistemik etkilerini karşılaştıran çalışmalarında pulsatil perfüzyonda mikrosirkülasyonun ve buna bağlı olarak sistemik inflamatuvar yanıtın nonpulsatil akıma göre daha iyi olduğunu göstermişlerdir. Bayram ve ark. (124) pompasız, pulsatil akım ve nonpulsatil akımın oksidatif stres ve solunum sistemi üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmalarında pulsatil ve nonpulsatil akım arasında PO_2 ölçümlerinde anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Biz çalışmamızda Grup I’de hastaların 20. ve 40. dakika kan gazı parametrelerinin PO_2 ve SpO_2 değerlerinin Grup II’deki hastalara göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu tespit ettik ($p=0.009$). Ayrıca çalışmamızda PCO_2 değerinin her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını tespit ettik ($p>0,05$). NIRS değişim yüzdesi (bazal-40. dk.) ile PCO_2 değişim yüzdesi (bazal-40. dk.) arasında Grup II’de istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğu saptandı ($p=0,017$).

Ersin Kadiroğulları ve ark. (125) pulsatil akımın KABG hastalarında etkilerini araştıran çalışmalarında bazal K değerinin ortalamasına göre intraoperatif ve postoperatif potasyum değerlerinin anlamlı olarak daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Biz de çalışmamızda benzer şekilde Grup II’de bazale göre K değerinin, Grup I’e göre daha yüksek olduğunu tespit ettik($p<0.001$) Ayrıca KBP’a giriş, 20. ve 40. dakikalarda bakılan kan gazı örneklerinde Na değeri ve baz açığı değerinin Grup II’deki hastalara göre daha yüksek olduğunu saptadık ($p<0.001$, $p<0.001$).

DeFoe ve ark. (126) 6980 ardışık hastanın en düşük Hct değeri ile hastane içi mortalite ve diğer olumsuz sonuçlar arasındaki ilişkiyi araştırdığı çalışmalarında; KPB ve hematokrit seviyeleri ile intraaortik balon pompa ihtiyacı ve hasta mortalitesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Habib ve ark. (127) KBP sonrası akut böbrek hasarının ve yetmezliğinin düşük Hct ile ilişkisini araştırdığı çalışmasında; KBP sırasında Hct seviyesi azaldıkça operasyona bağlı erken ve geç mortalitenin arttığını göstermişlerdir. Her iki çalışmada da hematokrit değerinin %22’nin altına düşmesinin mortalite açısından önemli olduğu vurgulanmıştır.

Mathew ve ark. (128) hematokrit değeri %15-18'e düşen hastalarda daha sık postoperatif nörokognitif değişiklikler saptamıştır. Karkouti ve ark. (129) düşük hematokrit değerleriyle postoperatif inme, renal disfonksiyon ve artmış transfüzyon arasında ilişki olduğunu göstermişlerdir. KABG sırasında meydana gelen hemodilüsyonun etkilerini engellemek amacıyla kan ve kan ürünlerinin transfüzyonu bilinen risklerin dışında artmış inflamasyon postoperatif pnömoni ve artmış hastanede kalış süresine neden olmaktadır (130). Chi Bum Ahn ve ark. (131) ekstrakorporeal dolaşımda pulsatil ve nonpulsatil akımın viskoelastisite ve eritrosit agregasyonu üzerindeki etkisini araştıran çalışmalarında pulsatil ve nonpulsatil grupta hematokrit değerinin anlamlı olarak düştüğünü fakat gruplar arasında fark olmadığını tespit etmişlerdir. Biz de çalışmamızda benzer olarak her iki grupta hematokrit değerinin beklendiği gibi anlamlı düştüğünü ($p<0.001$, $p<0.001$) fakat iki grup arasında anlamlı fark olmadığını saptadık ($p>0,05$). Bu durumu gruplar arasında AKK ve operasyon süresinin farksız olmasına bağlamaktayız.

Poswal ve ark. (132) pulsatil ve nonpulsatil akımı karaciğer, böbrek fonksiyonları, pıhtılaşma faktörleri ve hastaların hemodinamik etkilerini karşılaştıran çalışmalarında idrar sodyumu ve idrar çıkış miktarının nonpulsatil akımda daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Grassler ve ark. (133) düşük riskli koroner arter baypas greftleme (CABG) hastalarında pulsatil akımın etkilerini araştırdıkları çalışmada pulsatil akımın peroperatif idrar çıkışını arttırdığını ve postoperatif kan kaybını azalttığını tespit etmişlerdir. Biz de Grup I'de, pulsatil akım kullanıldığında diğer çalışmalara paralel olarak pompa total idrar çıkışının daha yüksek olduğunu tespit ettik.

SONUÇLAR

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda, 01.12.2018-01.05.2020 tarihleri arasında Kardiyovasküler Cerrahi Kliniği tarafından elektif KABG operasyonu uygulanacak hastalarda pulsatil ve nonpulsatil EKD'ın serebral NIRS düzeylerindeki değişim ile böbrek fonksiyonlarının korelasyonunu değerlendirdiğimiz çalışmamızda;

1. Demografik olarak Grup I ve Grup II arasında yaş, boy, kilo, cinsiyet ve VKİ açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı.

2. Klinik olarak Grup I ve Grup II arasında operasyon cinsi, ek hastalık varlığı, AKK, total pompa süresi ve akut renal yetmezlik skoru açısından anlamlı bir fark saptanmadı.

3. Üre ve kreatinin değerleri Grup I ve Grup II arasında preoperatif ve postoperatif dönem arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Postoperatif dönemde her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu.

4. NIRS ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu.

5. PO₂ ölçümleri Grup I 20. dk. 40. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Grup I'de bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu, Grup II'de ise istatistiksel olarak farksız olduğu saptandı.

6. PCO₂ ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu.

7. SPO₂ ölçümleri Grup I 20. dk., 40. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Grup I'de bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu, Grup II'de ise istatistiksel olarak farksız olduğu saptandı.

8. K ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu.

9. Na ölçümleri Grup I bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu.

10. B.E. ölçümleri Grup I 20. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu.

11. Hct ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu.

12. Total pompa süresi ile NIRS değişim oranları (20. dk.- 40. dk.) arasında Grup I'de istatistiksel olarak anlamlı, doğrusal, ters yönlü ve orta düzeyde ilişki olduğu tespit edildi.

13. NIRS değişim yüzdesi ile Üre ve Kreatinin değişim yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı doğrusal ilişki olmadığı görüldü.

14. NIRS değişim yüzdesi (bazal-40. dk.) ile PCO₂ değişim yüzdesi (bazal-40. dk.) arasında Grup II'de istatistiksel olarak anlamlı, doğrusal, aynı yönde ve orta düzeyde ilişki olduğu saptandı.

15. Pompa total idrarı ve UF uygulamasının arasında Grup I'de Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptandı.

Yapmış olduğumuz bu çalışmamızda verileri doğrultusunda; KABG olgularında ekstrakorporeal dolaşımın pulsatil akım ile olmasının, grup içi ve gruplar arası hastaların NIRS ölçümü ve renal fonksiyon değerlerine istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamadı. Ancak pulsatil grupta oksijenizasyonun olumlu etkilerinden dolayı nonpulsatil akıma göre tercih edilebilir olduğu kanısına varıldı. Ekstrakorporeal dolaşımında pulsatil akımda idrar miktarları açısından anlamlı olarak daha fazla bulundu. Ayrıca, nonpulsatil akımda ekstrakorporeal dolaşım sırasında UF ihtiyacı pulsatil akıma göre daha fazla tespit edilmiştir. Ekstrakorporeal dolaşımında iki grup arasında pompa sürelerinin benzer olması nedeniyle postoperatif renal fonksiyonların korunması açısından idrar miktarlarının ve UF ihtiyacının önemli olduğunu düşünmekteyiz. Bu nedenle pulsatil akımın mikrosirkülasyon açısından olumlu etkilerinin nonpulsatil akıma göre daha iyi olduğunu düşünmekteyiz.

ÖZET

Akut renal yetmezlik KABG cerrahisi sonrası önemli bir morbidite ve mortalite nedenidir. Fonksiyonel NIRS beyin perfüzyonunu gösteren bir yöntemdir. Serebral NIRS böbrek üzerinden ölçülen somatik NIRS'a göre böbrek fonksiyonları ile daha koreledir. Bu çalışmada pulsatil ve nonpulsatil akımın serebral NIRS ile renal fonksiyonlara etkisini araştırmayı amaçladık.

Çalışmamızda Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda KABG operasyonu uygulanacak hastalarda pulsatil ve nonpulsatil EKD'nin serebral NIRS düzeylerindeki değişim ile böbrek fonksiyonlarının korelasyonu değerlendirildi.

Preoperatif renal yetmezlik skoru birbirine yakın, izole koroner arter baypas cerrahisi uygulanan 52 ardışık hasta prospektif olarak çalışmaya dahil edildi. Basit randomizasyon yöntemiyle 26 hastaya pulsatil perfüzyon (Grup I), 26 hastaya nonpulsatil perfüzyon (Grup II) kros klemp süresince uygulanmıştır.

Hastaların demografik özellikleri [yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi (VKİ), yandaş hastalıklar, operasyon, AKK (aort kros klemp zamanı) ve perfüzyon süreleri], hematolojik ve biyokimyasal parametreleri [preoperatif ve postoperatif; üre, kreatinin, preoperatif ve peroperatif; arteriyel kan gazı (AKG) analizlerinden; PO₂, PCO₂, sPO₂, Na, K, baz açığı, hematokrit (Hct); preoperatif renal yetmezlik skorları ve peroperatif NIRS değerlerini karşılaştırılmıştır.

Üre ve kreatinin değerleri Grup I ve Grup II arasında preoperatif ve postoperatif dönem arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Postoperatif dönemde her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. NIRS ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu. PO₂ ölçümleri Grup I 20. dk. 40. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. PCO₂ ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. SPO₂ ölçümleri Grup I 20. dk., 40. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. K ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Na ölçümleri Grup I bazal, 20. dk., 40. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Her iki grupta da 20.dk.

ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu. B.E. ölçümleri Grup I 20. dk. ölçümleri Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu. Hct ölçümleri Grup I ve Grup II arasında bazal, 20. dk., 40. dk. arasındaki değerler istatistiksel olarak farksız bulundu. Her iki grupta da 20.dk. ve 40.dk. bazale göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu. Total pompa süresi ile NIRS değişim oranları (20. dk.- 40. dk.) arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğu tespit edildi. NIRS değişim yüzdesi ile Üre ve Kreatinin değişim yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı doğrusal ilişki olmadığı görüldü. NIRS değişim yüzdesi (bazal-40. dk.) ile PCO₂ değişim yüzdesi (bazal-40. dk.) arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğu saptandı. Pompa total idrarı ve UF uygulamasının arasında Grup I'de Grup II'ye göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptandı.

Pulsatil grupta oksijenizasyonun olumlu etkilerinden dolayı nonpulsatil akıma göre tercih edilebilir olduğu kanısına varıldı. Ekstrakorporeal dolaşımında pulsatil akımda idrar miktarları açısından anlamlı olarak daha fazla bulundu. Nonpulsatil akımda ekstrakorporeal dolaşım sırasında UF ihtiyacı pulsatil akıma göre daha fazla tespit edilmiştir. Pulsatil akımın mikrosirkülasyon açısından olumlu etkilerinin nonpulsatil akıma göre daha iyi olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Koroner arter baypas greftleme (KABG); Kardiyopulmoner baypas (KPB); Pulsatil akım; akut böbrek hasarı (ABH); NIRS ölçümü; renal fonksiyonlar

EVALUATION OF THE CORRELATION OF CHANGE IN CEREBRAL NIRS LEVELS AND RENAL FUNCTIONS OF PULSATIL AND NONPULSATIL EXTRACORPERAL CIRCULATION IN ELECTIVE CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT SURGERY CASES

SUMMARY

Acute renal failure is a significant cause of morbidity and mortality after CABG surgery. Functional NIRS is a method of demonstrating brain perfusion. Cerebral NIRS is more correlated with renal function than somatic NIRS measured over the kidney. This study aimed to investigate the effects of pulsatile and non-pulsatile flow on renal functions with cerebral NIRS.

In our study, the correlation between the changes in cerebral NIRS levels of pulsatile and non-pulsatile ECD and renal functions in patients who will undergo CABG operation in Tekirdağ Namık Kemal University Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation was evaluated.

Fifty-two consecutive patients who underwent isolated coronary artery bypass surgery with similar preoperative renal failure scores were prospectively included in the study. Pulsatile perfusion (Group I) was applied to 26 patients, and non-pulsatile perfusion (Group II) was applied to 26 patients during the cross-clamping by simple randomization method.

Demographic characteristics of the patients [age, gender, body mass index (BMI), co-morbidities, operation, PCC (aortic cross-clamp time) and perfusion times], hematological and biochemical parameters [preoperative and postoperative; urea, creatinine, preoperative and perioperative; from arterial blood gas (ABG) analyses; PO₂, PCO₂, sPO₂, Na, K, base deficit, hematocrit (Hct); preoperative renal failure scores and perioperative NIRS values were compared.

Urea and creatinine values were not statistically different between Group I and Group II and between preoperative and postoperative periods. It was statistically significantly higher in both groups in the postoperative period. NIRS measurements differed between Group I and Group II at baseline, 20th min, 40th min. Values between them were found to be statistically insignificant. 20. min. in both groups. And 40. min. was found to be statistically significantly lower than baseline. PO₂ measurements Group I 20. min. 40. min. Measurements were statistically significantly higher than Group II. PCO₂ measurements were found between Group I and Group II at baseline, 20th min, 40th min. values between them were found to be

statistically insignificant. SPO2 measurements Group I 20th min, 40th min. measurements were found to be statistically significantly higher than Group II. K measurements between Group I and Group II at baseline, 20. min, 40. min. values between them were found to be statistically insignificant. 20.min. in both groups. and 40.min. was statistically significantly higher than baseline. Na measurements Group I basal, 20. min., 40. min. measurements were statistically significantly higher than Group II. 20.min. in both groups. and 40.min. was found to be statistically significantly lower than baseline. B.E. measurements Group I 20. min. measurements were statistically significantly higher than Group II. 20.min. in both groups. and 40.min. was found to be statistically significantly lower than baseline. Hct measurements were between Group I and Group II at baseline, 20. min, 40. min. values between them were found to be statistically insignificant. 20.min. in both groups. and 40.min. was found to be statistically significantly lower than baseline. It was determined that there was a statistically significant relationship between total pump time and NIRS change rates (20.min.-40.min.). It was observed that there was no statistically significant linear relationship between NIRS percent change and Urea and Creatinine percent change. A statistically significant correlation was found between the percentage change in NIRS (baseline-40. min) and the percentage change in PCO2 (baseline-40. min.). The total pump urine and UF application were statistically significantly higher in Group I than Group II.

It was concluded that oxygenation is preferable to non-pulsatile flow in the pulsatile group due to its positive effects. The pulsatile flow was significantly higher in extracorporeal circulation in terms of urine volumes. UF requirement was higher in nonpulsatile flow during extracorporeal circulation than in pulsatile flow. We think that the positive effects of pulsatile flow in terms of microcirculation are better than nonpulsatile flow.

Keywords: Coronary artery bypass grafting (CABG); cardiopulmonary bypass (CPB); Pulsatile current; acute kidney injury (AKI); NIRS measurement; renal functions

KAYNAKLAR

1. Bastin AJ, Ostermann M, Slack AJ, Diller G-P, Finney SJ, and Evans TW. Acute kidney injury after cardiac surgery according to Risk/Injury/Failure/Loss/End-stage, Acute Kidney Injury Network, and Kidney Disease: Improving Global Outcomes classifications. *J. Crit. Care.* 2013;28:389–396.
2. Lagny M-G, Jouret F, Koch J-N, Blaffart F, Donneau A-F, Albert A, et al. Incidence and outcomes of acute kidney injury after cardiac surgery using either criteria of the RIFLE classification. *BMC Nephrol.* 2015;16:76.
3. Kork F, Balzer F, Spies CD, Wernecke K-D, Ginde AA, Jankowski J, et al. Minor Postoperative Increases of Creatinine Are Associated with Higher Mortality and Longer Hospital Length of Stay in Surgical Patients. *Anesthesiology.* 2015;123:1301–1311.
4. Lassnigg A, Schmid ER, Hiesmayr M, Falk C, Druml W, Bauer P, et al. Impact of minimal increases in serum creatinine on outcome in patients after cardiothoracic surgery: Do we have to revise current definitions of acute renal failure? *Crit. Care Med.* 2008;36:1129–1137.
5. Ishani A, Nelson D, Clothier B, Schult T, Nugent S, Greer N, et al. The Magnitude of Acute Serum Creatinine Increase After Cardiac Surgery and the Risk of Chronic Kidney Disease, Progression of Kidney Disease, and Death. *Arch. Intern. Med.* 2011;171:226.
6. Paparella D. Cardiopulmonary bypass induced inflammation: pathophysiology and treatment. An update. *Eur. J. Cardio-Thoracic Surg.* 2002;21:232–244.
7. Sahin V, Akpınar MB, Sevim E, Uyar IS, Abacılar AF, Uc H, et al. Preoperative CRP levels is not predictive early renal dysfunction after coronary artery bypass surgery. *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2015;8:4146–51.
8. Chong A, Sun Z, van de Velde L, Jansen S, Versluis M, Reijnen MMPJ, et al. A novel roller pump for physiological flow. *Artif. Organs.* 2020;44:818–826.
9. Mori F, Ivey TD, Itoh T, Thomas R, Breazeale DG, and Misbach G. Effects of pulsatile reperfusion on postischemic recovery of myocardial function after global hypothermic cardiac arrest. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1987;93:719–27.
10. Dunn J, Peterson A, and Kirsh MM. Effects of pulsatile perfusion upon left ventricular function. *J. Surg. Res.* 1978;25:211–6.
11. Nagaoka H, Innami R, and Arai H. Effects of pulsatile cardiopulmonary bypass on the renin-angiotensin-aldosterone system following open heart surgery. *Jpn. J. Surg.* 1988;18:390–396.
12. Taylor KM, Bain WH, Maxted KJ, Hutton MM, McNab WY, and Caves PK. Comparative studies of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1978;75:569–573.
13. Louagie YA, Gonzalez M, Collard E, Mayné A, Gruslin A, Jamart J, et al. Does flow character of cardiopulmonary bypass make a difference? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1992;104:1628–38.
14. Goto M, Kudoh K, Minami S, Nukariya M, Sasaguri S, Watanabe M, et al. The renin-angiotensin-aldosterone system and hematologic changes during pulsatile and nonpulsatile

- cardiopulmonary bypass. *Artif. Organs*. 1993;17:318–22.
15. Sai L, Zhou X, Ding XP, Fu G, and Sang B. Detecting concealed information using functional near-infrared spectroscopy. *Brain Topogr*. 2014;27:652–62.
 16. De Keijzer IN, Poterman M, Absalom AR, Vos JJ, Mariani MA, and Scheeren TWL. Comparison of renal region, cerebral and peripheral oxygenation for predicting postoperative renal impairment after CABG. *J. Clin. Monit. Comput*. 2021.
 17. Balci C, Haftaci E, and Kunt AT. Use of cerebral oxygen saturation and hemoglobin concentration to predict acute kidney injury after cardiac surgery. *J. Int. Med. Res*. 2018;46:1130–1137.
 18. Bachar BJ and Manna B. *Coronary Artery Bypass Graft*. 2021.
 19. Featherstone PJ and Ball CM. The Origins of Cardiopulmonary Bypass. *Anaesth. Intensive Care*. 2018;46:351–353.
 20. Boettcher W, Merkle F, and Weitkemper H-H. History of extracorporeal circulation: the conceptual and developmental period. *J. Extra. Corpor. Technol*. 2003;35:172–83.
 21. Beck CS. Coronary Artery Disease-Physiologic Concepts–Surgical Operation. *Ann. Surg*. 1957;145:439–460.
 22. Hessel EA. A Brief History of Cardiopulmonary Bypass. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth*. 2014;18:87–100.
 23. Johnson WD, Flemma RJ, Lepley D, and Ellison EH. Extended Treatment of Severe Coronary Artery Disease. *Ann. Surg*. 1969;170:460–470.
 24. Kaplan JA, Cronin B, and Maus T eds. *Kaplan’s Essentials of Cardiac Anesthesia for Cardiac Surgery*. Second Edi.; 2018.
 25. Hensley F, Martin D, and Gravlee G. A practical approach to cardiac anesthesia, 5th edn. *Eur. J. Anaesthesiol*. 2015;32:142–198.
 26. Sarkar M and Prabhu V. Basics of cardiopulmonary bypass. *Indian J. Anaesth*. 2017;61:760.
 27. Arrowsmith J, Roscoe A, and Mackay J eds. *Core Topics in Cardiac Anaesthesia*. Cambridge University Press; 2020.
 28. Murphy GS, Hessel EA, and Groom RC. Optimal Perfusion During Cardiopulmonary Bypass: An Evidence-Based Approach. *Anesth. Analg*. 2009;108:1394–1417.
 29. Büket S, Engin Ç, Uç H, and Ayık MF. *Kalp ve Damar Cerrahisi*. 2nd ed. (Paç M, Akçevin A, Aykut Aka S, et al., eds.). MN medikal & Nobel Tıp Kitapevi; 2013.
 30. Schmidt PJ. Transfusion medicine history illustrated. Technology transfer: the DeBakey roller pump. *Transfusion*. 2007;47:953–4.
 31. Baufreton C, Intrator L, Jansen PG, te Velthuis H, Le Besnerais P, Vonk A, et al. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass using roller or centrifugal pumps. *Ann. Thorac. Surg*. 1999;67:972–7.
 32. Fouquet O, Dang Van S, Baudry A, Meisnerowski P, Robert P, Pinaud F, et al.

Cardiopulmonary bypass and internal thoracic artery: Can roller or centrifugal pumps change vascular reactivity of the graft? The IPITA study: A randomized controlled clinical trial De Rosa S, ed. PLoS One. 2020;15:e0235604.

33. Teman NR, Mazur DE, Toomasian J, Jahangir E, Alghanem F, Goudie M, et al. A novel rotary pulsatile flow pump for cardiopulmonary bypass. *ASAIO J.* 60:322–8.

34. Anon. Intensive versus Conventional Glucose Control in Critically Ill Patients. *N. Engl. J. Med.* 2009;360:1283–1297.

35. Tian L, Zhu J, Liu L, Liang Y, Li J, and Yang Y. Hemoglobin A1c and short-term outcomes in patients with acute myocardial infarction undergoing primary angioplasty. *Coron. Artery Dis.* 2013;24:16–22.

36. Bartel T, Müller S, Biviano A, and Hahn RT. Why is intracardiac echocardiography helpful? Benefits, costs, and how to learn. *Eur. Heart J.* 2014;35:69–76.

37. Brunette MG, Vigneault N, and Carriere S. Micropuncture study of magnesium transport along the nephron in the young rat. *Am. J. Physiol.* 1974;227:891–6.

38. Taneja S, Chauhan S, Kapoor PM, Jagia P, and Bisoi AK. Prevalence of carotid artery stenosis in neurologically asymptomatic patients undergoing coronary artery bypass grafting for coronary artery disease: Role of anesthesiologist in preoperative assessment and intraoperative management. *Ann. Card. Anaesth.* 19:76–83.

39. Khambatta HJ, Stone JG, Wald A, and Mongero LB. Electrocardiographic Artifacts During Cardiopulmonary Bypass. *Anesth. Analg.* 1990;71:88–91.

40. London MJ, Hollenberg M, Wong MG, Levenson L, Tubau JF, Browner W, et al. Intraoperative myocardial ischemia: localization by continuous 12-lead electrocardiography. *Anesthesiology.* 1988;69:232–41.

41. Carmona MJC, Barboza Júnior LC de M, Buscatti RY, Gaiotto FA, Hueb AC, and Malbouisson LMS. [Evaluation of the aorta-to-radial artery pressure gradient in patients undergoing surgery with cardiopulmonary bypass.]. *Rev. Bras. Anesthesiol.* 2007;57:618–29.

42. Rulf EN, Mitchell MM, Prakash O, Rijsterborg H, Cruz E, Deryck YL, et al. Measurement of arterial pressure after cardiopulmonary bypass with long radial artery catheters. *J. Cardiothorac. Anesth.* 1990;4:19–24.

43. Sessler DI. Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anesthesiology.* 2008;109:318–38.

44. Sandham JD, Hull RD, Brant RF, Knox L, Pineo GF, Doig CJ, et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N. Engl. J. Med.* 2003;348:5–14.

45. Ottens J, Tuble SC, Sanderson AJ, Knight JL, and Baker RA. Improving cardiopulmonary bypass: does continuous blood gas monitoring have a role to play? *J. Extra. Corpor. Technol.* 2010;42:191–8.

46. DiMarco A, Vélez H, Soltero E, Magraner M, and Bredy R. Lowest safe hematocrit level on cardiopulmonary bypass in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Bol. Asoc. Med. P. R.* 103:25–9.

47. Jonas RA. Optimal hematocrit for adult cardiopulmonary bypass. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2001;15:672.
48. Miles LF, Burt C, Arrowsmith J, McKie MA, Villar SS, Govender P, et al. Optimal protamine dosing after cardiopulmonary bypass: The PRODOSE adaptive randomised controlled trial Rahimi K, ed. *PLOS Med.* 2021;18:e1003658.
49. Hamel G. Die Bedeutung des Pulses den Blutstrom. 1889.
50. Jacoby C. Apparat zur Durchblutung isolirter überlebender Organe. *Arch. für Exp. Pathol. und Pharmakologie.* 1890;26:388–400.
51. Hooker DR. A Study of The Isolated Kidney. The Influence of Pulse Pressure Upon Renal Function. *Am. J. Physiol. Content.* 1910;27:24–44.
52. Gesell RA. On The Relation of Pulse Pressure to Renal Secretion. *Am. J. Physiol. Content.* 1913;32:70–93.
53. McMaster PD and Parsons RJ. The Effect Of The Pulse On The Spread Of Substances Through Tissues. *J. Exp. Med.* 1938;68:377–400.
54. Wesolowski SA, Sauvage LR, and Pinc RD. Extracorporeal circulation: the role of the pulse in maintenance of the systemic circulation during heart-lung by-pass. *Surgery.* 1955;37:663–82.
55. Driessen J, Fransen G, Rondelez L, Schelstraete E, and Gevaert L. Comparison of the standard roller pump and a pulsatile centrifugal pump for extracorporeal circulation during routine coronary artery bypass grafting. *Perfusion.* 1991;6:303–311.
56. Shepard RB, Simpson DC, and Joseph FS. Energy Equivalent Pressure. *Arch. Surg.* 1966;93:730.
57. Üндar A. Myths and Truths of Pulsatile and Nonpulsatile Perfusion During Acute and Chronic Cardiac Support. *Artif. Organs.* 2004;28:439–443.
58. O’Neil MP, Alie R, Guo LR, Myers M-L, Murkin JM, and Ellis CG. Microvascular Responsiveness to Pulsatile and Nonpulsatile Flow During Cardiopulmonary Bypass. *Ann. Thorac. Surg.* 2018;105:1745–1753.
59. Murkin JM. Monitoring and optimization of the microcirculation during CPB. *J. Thorac. Dis.* 2019;11:S1489–S1491.
60. Komoda T, Maeta H, Imawaki S, Shiraishi Y, and Tanaka S. [Hematologic and endocrinologic effects of pulsatile cardiopulmonary bypass using a centrifugal pump]. *Nihon Kyobu Geka Gakkai Zasshi.* 1992;40:901–11.
61. Philbin DM, Levine FH, Kono K, Coggins CH, Moss J, Slater EE, et al. Attenuation of the stress response to cardiopulmonary bypass by the addition of pulsatile flow. *Circulation.* 1981;64:808–12.
62. Üндar A, Henderson N, Thurston GB, Masai T, Beyer EA, Frazier, et al. The Effects of Pulsatile Versus Nonpulsatile Perfusion on Blood Viscoelasticity Before and After Deep Hypothermic Circulatory Arrest in a Neonatal Piglet Model. *Artif. Organs.* 1999;23:717–721.

63. Kang YJ, Kim MG, Son KH, Lim CH, Son HS, Yoon SY, et al. Experimental Investigation of Pulsatility Effect on the Deformability and Hemolysis of Blood Cells. *Artif. Organs.* 2010;34:E103–E109.
64. Nagaoka H, Innami R, Watanabe M, Satoh M, Murayama F, and Funakoshi N. Preservation of pancreatic beta cell function with pulsatile cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.* 1989;48:798–802.
65. Tanaka J, Shiki K, Asou T, Yasui H, and Tokunaga K. Cerebral autoregulation during deep hypothermic nonpulsatile cardiopulmonary bypass with selective cerebral perfusion in dogs. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1988;95:124–132.
66. O'Dwyer C, Prough DS, and Johnston WE. Determinants of cerebral perfusion during cardiopulmonary bypass. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 1996;10:54–65.
67. Lundar T, Frøysaker T, Lindegaard KF, Wiberg J, Lindberg H, Rostad H, et al. Some observations on cerebral perfusion during cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.* 1985;39:318–23.
68. Su XW, Guan Y, Barnes M, Clark JB, Myers JL, and Undar A. Improved cerebral oxygen saturation and blood flow pulsatility with pulsatile perfusion during pediatric cardiopulmonary bypass. *Pediatr. Res.* 2011;70:181–5.
69. Kono M, Orita H, Shimanuki T, Fukasawa M, Inui K, and Wasio M. [A clinical study of cerebral perfusion during pulsatile and nonpulsatile cardiopulmonary bypass]. *Nihon Geka Gakkai Zasshi.* 1990;91:1016–22.
70. Kusch B, Vogt S, Sirat AS, Helwig-Rohlig A, Kasseckert S, and Moosdorf R. Serum S-100beta protein release in coronary artery bypass grafting: laminar versus pulsatile flow. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001;49:179–83.
71. Hogue CW, Palin CA, and Arrowsmith JE. Cardiopulmonary Bypass Management and Neurologic Outcomes: An Evidence-Based Appraisal of Current Practices. *Anesth. Analg.* 2006;103:21–37.
72. Abu-Omar Y and Ratnatunga C. Cardiopulmonary Bypass and Renal Injury. *Perfusion.* 2006;21:209–213.
73. Weerasinghe A, Hornick P, Smith P, Taylor K, and Ratnatunga C. Coronary artery bypass grafting in non-dialysis-dependent mild-to-moderate renal dysfunction. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001;121:1083–1089.
74. Adademir T, Ak K, Aljodi M, Elçi ME, Arsan S, and Isbir S. The effects of pulsatile cardiopulmonary bypass on acute kidney injury. *Int. J. Artif. Organs.* 2012;35:511–9.
75. Carretero de la Encarnación B, Mateo Rodríguez E, Romero García CS, and Revert Ros MA. Evaluación del flujo renal con Doppler pulsado durante la circulación extracorpórea pulsátil. Estudio piloto. *Rev. Esp. Anestesiología y Reanimación.* 2018;65:380–384.
76. Farid S, Povey H, Anderson S, Nashef SAM, and Abu-Omar Y. The effect of pulsatile cardiopulmonary bypass on the need for haemofiltration in patients with renal dysfunction undergoing cardiac surgery. *Perfusion.* 2016;31:477–481.
77. Kocakulak M, Aşkin G, Küçükaksu S, Tarcan O, and Pişkin E. Pulsatile Flow Improves

- Renal Function in High-Risk Cardiac Operations. *Blood Purif.* 2005;23:263–267.
78. Sezai A, Shiono M, Nakata K, Hata M, Iida M, Saito A, et al. Effects of pulsatile CPB on interleukin-8 and endothelin-1 levels. *Artif. Organs.* 2005;29:708–13.
79. Presta P, Onorati F, Fuiano L, Mastroroberto P, Santarpino G, Tozzo C, et al. Can Pulsatile Cardiopulmonary Bypass Prevent Perioperative Renal Dysfunction during Myocardial Revascularization in Elderly Patients? *Nephron Clin. Pract.* 2009;111:c229–c235.
80. Cook DJ, Orszulak TA, and Daly RC. The effects of pulsatile cardiopulmonary bypass on cerebral and renal blood flow in dogs. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 1997;11:420–427.
81. Nakamura K, Harasaki H, Fukumura F, Fukamachi K, and Whalen R. Comparison of pulsatile and non-pulsatile cardiopulmonary bypass on regional renal blood flow in sheep. *Scand. Cardiovasc. J.* 2004;38:59–63.
82. Borulu F, Hanedan MO, Coşkun C, Emir İ, and Mataracı İ. Investigation of the Effect of Pulsatile and Nonpulsatile Flow on Kidney in Coronary Surgery With NIRS. *Heart Surg. Forum.* 2020;23:E401–E406.
83. Sievert A and Sistino J. A meta-analysis of renal benefits to pulsatile perfusion in cardiac surgery. *J. Extra. Corpor. Technol.* 2012;44:10–4.
84. Nam MJ, Lim CH, Kim H-J, Kim YH, Choi H, Son HS, et al. A Meta-Analysis of Renal Function After Adult Cardiac Surgery With Pulsatile Perfusion. *Artif. Organs.* 2015;39:788–94.
85. Badner NH, Murkin JM, and Lok P. Differences in pH management and pulsatile/nonpulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass do not influence renal function. *Anesth. Analg.* 1992;75:696–701.
86. Voss B, Krane M, Jung C, Brockmann G, Braun S, Günther T, et al. Cardiopulmonary bypass with physiological flow and pressure curves: pulse is unnecessary! *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010;37:223–32.
87. Canivet JL, Larbuisson R, Damas P, Blaffart F, Faymonville M, Limet R, et al. Plasma renin activity and urine beta 2-microglobulin during and after cardiopulmonary bypass: pulsatile vs non-pulsatile perfusion. *Eur. Heart J.* 1990;11:1079–82.
88. Sakudo A. Near-infrared spectroscopy for medical applications: Current status and future perspectives. *Clin. Chim. Acta.* 2016;455:181–188.
89. Steppan J and Hogue CW. Cerebral and tissue oximetry. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2014;28:429–439.
90. Anon. *Pharmaceutical and Medical Applications of Near-Infrared Spectroscopy. Practical Spectroscopy Series. Volume 31* By E. W. Ciurczak and J. K. Drennen III. Marcel Dekker, New York. 2002. ix + 192 pp. 16 × 23.5 cm. ISBN 0-8247-9453-2. \$135.00. *J. Med. Chem.* 2002;45:5186–5186.
91. Murkin JM and Arango M. Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *Br. J. Anaesth.* 2009;103:i3–i13.
92. Matcher SJ, Elwell CE, Cooper CE, Cope M, and Delpy DT. Performance Comparison of

- Several Published Tissue Near-Infrared Spectroscopy Algorithms. *Anal. Biochem.* 1995;227:54–68.
93. Toet MC and Lemmers PMA. Brain monitoring in neonates. *Early Hum. Dev.* 2009;85:77–84.
94. Jobsis F. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* (80-.). 1977;198:1264–1267.
95. Ferrari M, Giannini I, Sideri G, and Zanette E. Continuous Non Invasive Monitoring of Human Brain by Near Infrared Spectroscopy. In: ; 1985:873–882.
96. Invos. <https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/cerebral-somatic-oximetry/invos-5100c-cerebral-somatic-oximeter.html>.
97. Henson LC, Calalang C, Temp JA, and Ward DS. Accuracy of a Cerebral Oximeter in Healthy Volunteers under Conditions of Isocapnic Hypoxia. *Anesthesiology.* 1998;88:58–65.
98. Germon TJ, Evans PD, Barnett NJ, Wall P, Manara AR, and Nelson RJ. Cerebral near infrared spectroscopy: emitter-detector separation must be increased. *Br. J. Anaesth.* 1999;82:831–837.
99. Slater JP, Guarino T, Stack J, Vinod K, Bustami RT, Brown JM, et al. Cerebral Oxygen Desaturation Predicts Cognitive Decline and Longer Hospital Stay After Cardiac Surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2009;87:36–45.
100. Zhang Y, Tan J, Li P, Zhang X, Yang Y, Liu Y, et al. The perioperative application of continuous cerebral autoregulation monitoring for cerebral protection in elderly patients. *Ann. Palliat. Med.* 2021;10:4582–4592.
101. Zhang L, Yu Y, Xue J, Lei W, Huang Y, Li Y, et al. Effect of Deliberate Hypotension on Regional Cerebral Oxygen Saturation During Functional Endoscopic Sinus Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Front. Surg.* 2021;8.
102. Parnia S. Cerebral oximetry leading up to cardiac arrest: A marker of the impact of mean arterial pressure on the brain, but not time of death. *Resuscitation.* 2017;121:A1.
103. Fuiano G, Mancuso D, Indolfi C, Mongiardo A, Sabbatini M, Conte G, et al. Early detection of progressive renal dysfunction in patients with coronary artery disease. *Kidney Int.* 2005;68:2773–2780.
104. Grover FL. Quality Improvement in Cardiac Care. *Arch. Surg.* 2002;137:28.
105. Onorati F, Presta P, Fuiano G, Mastroberto P, Comi N, Pezzo F, et al. A Randomized Trial of Pulsatile Perfusion Using an Intra-Aortic Balloon Pump Versus Nonpulsatile Perfusion on Short-Term Changes in Kidney Function During Cardiopulmonary Bypass During Myocardial Reperfusion. *Am. J. Kidney Dis.* 2007;50:229–238.
106. Markham DW, Fu Q, Palmer MD, Drazner MH, Meyer DM, Bethea BT, et al. Sympathetic Neural and Hemodynamic Responses to Upright Tilt in Patients With Pulsatile and Nonpulsatile Left Ventricular Assist Devices. *Circ. Hear. Fail.* 2013;6:293–299.
107. Kim HK, Son HS, Fang YH, Park SY, Hwang CM, and Sun K. The effects of pulsatile flow upon renal tissue perfusion during cardiopulmonary bypass: a comparative study of

pulsatile and nonpulsatile flow. *ASAIO J.* 51:30–6.

108. Alghamdi AA and Latter DA. Pulsatile versus nonpulsatile cardiopulmonary bypass flow: an evidence-based approach. *J. Card. Surg.* 21:347–54.

109. Rosner MH and Okusa MD. Acute kidney injury associated with cardiac surgery. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2006;1:19–32.

110. de Geus HRH, Ronco C, Haase M, Jacob L, Lewington A, and Vincent J-L. The cardiac surgery-associated neutrophil gelatinase-associated lipocalin (CSA-NGAL) score: A potential tool to monitor acute tubular damage. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2016;151:1476–81.

111. Toraman F, Ustalar Özgen S, Arıtürk C, Sayın J, Erkek E, Güçlü P, et al. Erişkin Kalp Cerrahisinde Ekstrakorporeal Dolaşım Sırasında NIRS Yöntemi ile Hepatik ve Renal somatik Oksijen Saturasyonu Takibi Anlamlı mı? *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilim. Derg.* 2012;3:164–169.

112. Diaz GC, Moitra V, and Sladen RN. Hepatic and Renal Protection During Cardiac Surgery. *Anesthesiol. Clin.* 2008;26:565–590.

113. Conlon P. Acute renal failure following cardiac surgery. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1999;14:1158–1162.

114. Khilji SA and Khan AH. Acute renal failure after cardiopulmonary bypass surgery. *J. Ayub Med. Coll. Abbottabad.* 16:25–8.

115. Mohammadzadeh A, Jafari N, Hasanpour M, Sahandifar S, Ghafari M, and Alaei V. Effects of pulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass on biochemical markers and kidney function in patients undergoing cardiac surgeries. *Am. J. Cardiovasc. Dis.* 2013;3:158–62.

116. Baraki H, Gohrbandt B, Del Bagno B, Haverich A, Boethig D, and Kutschka I. Does pulsatile perfusion improve outcome after cardiac surgery? a propensity-matched analysis of 1959 patients. *Perfusion.* 2012;27:166–174.

117. Bellomo R, Auriemma S, Fabbri A, D’Onofrio A, Katz N, Mccullough PA, et al. The Pathophysiology of Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury (CSA-AKI). *Int. J. Artif. Organs.* 2008;31:166–178.

118. Vives M, Hernandez A, Parramon F, Estanyol N, Pardina B, Muñoz A, et al. Acute kidney injury after cardiac surgery: prevalence, impact and management challenges. *Int. J. Nephrol. Renovasc. Dis.* 2019;12:153–166.

119. Hoste EA, Cruz DN, Davenport A, Mehta RL, Piccinni P, Tetta C, et al. The epidemiology of cardiac surgery-associated acute kidney injury. *Int. J. Artif. Organs.* 2008;31:158–65.

120. Onorati F, Santarpino G, Rubino AS, Caroleo S, Dardano A, Scalas C, et al. Body Perfusion during Adult Cardiopulmonary Bypass is Improved by Pulsatile flow with Intra-Aortic Balloon Pump. *Int. J. Artif. Organs.* 2009;32:50–61.

121. Ozaki Y, Huck CW, Ishigaki M, Ishikawa D, Ikehata A, and Shinzawa H. Near-Infrared Spectroscopy in Biological Molecules and Tissues. In: *Encyclopedia of Biophysics.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018:1–19.

122. Ozaki Y and Morisawa Y. Principles and Characteristics of NIR Spectroscopy. In: Near-Infrared Spectroscopy. Singapore: Springer Singapore; 2021:11–35.
123. Mitchell GF. Cerebral small vessel disease. *J. Hypertens.* 2015;33:2025–2028.
124. Bayram H, Erer D, Iriz E, Zor MH, Gulbahar O, and Ozdogan M. Comparison of the effects of pulsatile cardiopulmonary bypass, non-pulsatile cardiopulmonary bypass and off-pump coronary artery bypass grafting on the respiratory system and serum carbonyl. *Perfusion.* 2012;27:378–385.
125. Kadiroğulları E, Sen O, Gode S, Basgoze S, Timur B, Basgoze A, et al. Effect of Pulsatile Cardiopulmonary Bypass in Adult Heart Surgery. *Heart Surg. Forum.* 2020;23:E258–E263.
126. DeFoe GR, Ross CS, Olmstead EM, Surgenor SD, Fillinger MP, Groom RC, et al. Lowest hematocrit on bypass and adverse outcomes associated with coronary artery bypass grafting. Northern New England Cardiovascular Disease Study Group. *Ann. Thorac. Surg.* 2001;71:769–76.
127. Habib RH, Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, Engoren M, Durham SJ, et al. Role of hemodilutional anemia and transfusion during cardiopulmonary bypass in renal injury after coronary revascularization: Implications on operative outcome*. *Crit. Care Med.* 2005;33:1749–1756.
128. Mathew JP, Mackensen GB, Phillips-Bute B, Stafford-Smith M, Podgoreanu M V., Grocott HP, et al. Effects of Extreme Hemodilution during Cardiac Surgery on Cognitive Function in the Elderly. *Anesthesiology.* 2007;107:577–584.
129. Karkouti K, Djaiani G, Borger MA, Beattie WS, Fedorko L, Wijeyesundera D, et al. Low Hematocrit During Cardiopulmonary Bypass is Associated With Increased Risk of Perioperative Stroke in Cardiac Surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2005;80:1381–1387.
130. Avgerinos D V., DeBois W, and Salemi A. Blood conservation strategies in cardiac surgery: more is better. *Eur. J. Cardio-Thoracic Surg.* 2014;46:865–870.
131. Ahn CB, Kang YJ, Kim MG, Yang S, Lim CH, Son HS, et al. The Effect of Pulsatile Versus Nonpulsatile Blood Flow on Viscoelasticity and Red Blood Cell Aggregation in Extracorporeal Circulation. *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2016;49:145–50.
132. Poswal P, Mehta Y, Juneja R, Khanna S, Meharwal ZS, and Trehan N. Comparative study of pulsatile and nonpulsatile flow during cardio-pulmonary bypass. *Ann. Card. Anaesth.* 2004;7:44–50.
133. 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:S1453–S1463.

EKLER

EK 1.



TEKİRDAĞ
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı: 2018/

27.12.2018

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayhan ŞAHİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna sunmuş olduğunuz “**Elektif CABG (Koroner Arter Bypass Greftleme) Vakalarında Pulsatil Ve Non-Pulsatil EKD’ın (Ekstra Korperal Dolaşım) Serebral NIRS (Near İnfrared Spektroskopi) Düzeylerindeki Değişim İle Böbrek Fonksiyonlarının Korelasyonu**” başlıklı ve 2018.175.12.09 nolu **prospektif** araştırmanız incelenmiş olup, yürütülmesine etik açıdan herhangi bir sakınca olmadığına oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.

NKÜ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu

Unvanı/Adı/Soyadı	Araştırma ile ilişkisi		Katılım		İmza
	Var	Yok	Evet	Hayır	
Prof. Dr. Ebru YEŞİLDAĞ	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. M. Metin DONMA	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Ali Rıza KIZILER	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Yakup ALBAYRAK	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Gündüz YÜMÜN	V <input type="checkbox"/>	Y <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Mehmet Bakı ŞENTÜRK	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Aliye ÇELİKKOL	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Berna ERDAL	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Birol TOPÇU	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Demet ÖZKARAMANLI GÜR	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Sonat Pınar KARA	V <input type="checkbox"/>	Y <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Ufuk COŞKUNKAN	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep KURTULUŞ TOSUN	V <input type="checkbox"/>	Y <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Başkanın Unvanı /Adı/ Soyadı /İmza: Prof. Dr. Ebru YEŞİLDAĞ

Namık Kemal Mah. Kampüs Cad. No:1 59030
Telefon: (0 282) 250 59 04 - Faks: (0 282) 250 99 28
Elektronik Ağ: <http://tip.nku.edu.tr>

Ayrıntılı B
e- posta: et

n Deniz RENÇBER
.edu.tr

EK 2.

ÇALIŞMANIN ADI:

Elektif kabg (koroner arter bypass greftleme) vakalarında pulsatil ve non-pulsatil EKD'nin (ekstra korporeal dolaşım) serebral nırs (near infrared spektroskopi) düzeylerindeki değişim ile böbrek fonksiyonlarının korelasyonu

Madde I. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sorumlu Araştırmacı: Dr.Öğr.Görevlisi Ayhan ŞAHİN

Araştırmanın Amacı: Elektif kabg (koroner arter bypass greftleme) vakalarında pulsatil ve non-pulsatil EKD'nin (ekstra korporeal dolaşım) serebral nırs (near infrared spektroskopi) düzeylerindeki değişim ile böbrek fonksiyonlarının korelasyonu olup olmadığını araştırmak.

Araştırmada İzlenecek Yöntem:

Bu araştırmanın protokolü, Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi etik değerlendirme komitesi tarafından değerlendirilmiş ve onaylanmıştır. Helsinki beyannamesinde ortaya konan etik prensiplere riayet edilecektir. Bu formun bir kopyası size saklamanız için verilecektir.

Bu araştırmada yer alacak gönüllülerin sayısı 50'dir. Bu ameliyatınızda bütün hastalarımızın bir cihazla beyin kanlanması takip ediyoruz ve gerekirse bu cihazın verilerini değerlendirerek ameliyatınız sırasında birtakım önlemler alabilmekteyiz. Rutinde tüm hastalarımıza bunu uyguluyoruz bu çalışmamızda beyin kanlanması ile böbrek kanlanmasının farklı olup olmadığını takip edeceğiz.

Araştırma sırasında sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size derhal bildirilecektir. Araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da herhangi bir sorun ve diğer rahatsızlıklarınız için 0xxxxxxxxxxxxx no.lu telefonda Dr. Kadir ALTINÖZ'e ulaşabilirsiniz.

Alternatif Tedavi veya Girişimler: Operasyon boyunca cerrahi gereklilik dışında sizlere herhangi bir tedavi ve invaziv bir girişimde bulunulmayacaktır.

Araştırma Sırasında Karşılaşılabilecek Riskler: Sizlere yapılacak bu çalışmanın tarafınıza oluşturacağı herhangi bir riski bulunmamaktadır.

Araştırma İlacının Olası Yan Etkileri: Bu çalışmada sizlere cerrahi gereklilik dışında herhangi bir ilaç kullanılmayacaktır.

Araştırma Süresince 24 Saat Ulaşılabilir Kişi Adı / Soyadı / Telefonu:

Dr.Öğr.Görevlisi Ayhan ŞAHİN /

Araş. Gör. Dr. Kadir ALTINÖZ /

Bu araştırmaya katılmanız tamamen gizli tutulacaktır. Sizin araştırmaya katılmanıza ilişkin bilgisi olan tek kişi doktorunuz olacaktır. Doktorunuza verdiğiniz bilgiler kadar klinik bilgilerde gizli tutulacaktır. Bununla birlikte yetkili kurumların mufettişleri araştırmanın geğerli yasalar ve sağlık makamları mevzuatına uygun olarak yurütulmesini garantilemek üzere araştırmaya ilişkin kayıtlarınızı incelemekle yükümlü olabilirler. Kayıtlarınızdaki bilgiler sadece bu araştırma amacıyla ve bu araştırmayı izleyen yayınlar için kullanılacaktır. Her durumda kimliğiniz saklanacaktır. Her durumda kimliğiniz diğer amaçlar için kullanılmayacak veya üçüncü şahıslara ağıklanmayacaktır. Muayeneleriniz ve diğer işlemler için sizden ücret alınmayacaktır.

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlamadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm ağıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü ağıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Aklıma gelen tüm soruları araştırıcıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm ağıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilereğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileereğimi biliyorum.

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geğerilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yurütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Gönüllünün Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Ağıklamaları Yapan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekiyorsa Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekiyorsa Yasal Temsilcinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih