

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON  
ANABİLİM DALI

**KARDİYAK ANESTEZİDE KAPALI DEVRE VE  
YARI-KAPALI DEVRE KULLANIMI İLE  
İZOFLURAN TÜKETİMİ VE MALİYETİ**

DR. BELKİS ŞAŞMAZ

UZMANLIK TEZİ

İZMİR-2015

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON  
ANABİLİM DALI

**KARDİYAK ANESTEZİDE KAPALI DEVRE VE  
YARI-KAPALI DEVRE KULLANIMI İLE  
İZOFLURAN TÜKETİMİ VE MALİYETİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. BELKİS ŞAŞMAZ

Danışman Öğretim Üyesi: Prof. Dr. Hasan HEPAĞUŞLAR

## **İÇİNDEKİLER**

## **Sayfa No**

|                                                             |             |
|-------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>İÇİNDEKİLER</b>                                          | <b>i</b>    |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                        | <b>ii</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                        | <b>iii</b>  |
| <b>RESİM LİSTESİ</b>                                        | <b>iv</b>   |
| <b>KISALTMALAR</b>                                          | <b>v</b>    |
| <b>EKLER</b>                                                | <b>vii</b>  |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                             | <b>viii</b> |
| <b>ÖZET</b>                                                 | <b>1</b>    |
| <b>SUMMARY</b>                                              | <b>2</b>    |
| <b>GİRİŞ VE AMAÇ</b>                                        | <b>3</b>    |
| <b>GENEL BİLGİLER</b>                                       | <b>5</b>    |
| <b>GEREÇ VE YÖNTEM</b>                                      | <b>17</b>   |
| <b>BULGULAR</b>                                             | <b>22</b>   |
| <b>TARTIŞMA</b>                                             | <b>26</b>   |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                            | <b>31</b>   |
| <b>EK<sub>1</sub> (ETİK KURUL ONAYI)</b>                    | <b>36</b>   |
| <b>EK<sub>2</sub> (BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU)</b> | <b>37</b>   |

**TABLO LİSTESİ****Sayfa No**

|                |                                                                            |           |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tablo 1</b> | Konjenital kalp hastalıkları.                                              | <b>8</b>  |
| <b>Tablo 2</b> | Demografik veriler ve preoperatif değerlendirmeye ait özellikler.          | <b>22</b> |
| <b>Tablo 3</b> | Cerrahi girişime ilişkin özellikler.                                       | <b>23</b> |
| <b>Tablo 4</b> | Anestezi uygulamasına ilişkin özellikler.                                  | <b>24</b> |
| <b>Tablo 5</b> | İzofluran, oksijen ve havanın total ve saatlik tüketimleri ve maliyetleri. | <b>25</b> |

**Şekil 1.** Dolanımlı – yarı kapalı soluma sistemi

**Şekil 2.** Kapalı devre anestezi sistemi

**Şekil 3.** Volüm kontrol *AutoFlow* ventilasyon modunda sabit akım yerine azalan inspirasyon akımı

**Şekil 4.** Volüm kontrol modunda oluşan basınç-zaman eğrisi ve bileşenleri

## **RESİM LİSTESİ**

## **Sayfa No**

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Resim 1</b> Drager, Zeus <i>Infinity Empowered</i> Anestezi Cihazı     | <b>18</b> |
| <b>Resim 2</b> Anestezi cihazının monitörü                                | <b>18</b> |
| <b>Resim 3</b> Kapalı devre anesteziğine ilişkin monitör verileri         | <b>19</b> |
| <b>Resim 4</b> Yarı-kapalı devre anesteziğine ilişkin monitör verileri    | <b>19</b> |
| <b>Resim 5</b> Anlık oksijen tutulumu değerinin monitörden elde edilmesi. | <b>20</b> |
| <b>Resim 6</b> Anestezik gazların toplam tüketimi                         | <b>21</b> |
| <b>Resim 7</b> Anestezik gazların anlık tüketimi                          | <b>21</b> |

## **KISALTMALAR**

|                       |                                          |
|-----------------------|------------------------------------------|
| <b>KD</b>             | Kapalı Devre                             |
| <b>YKD</b>            | Yarı Kapalı Devre                        |
| <b>KDG</b>            | Kapalı Devre Grubu                       |
| <b>YKDG</b>           | Yarı Kapalı Devre Grubu                  |
| <b>İ</b>              | İzofluran                                |
| <b>O<sub>2</sub></b>  | Oksijen                                  |
| <b>CO<sub>2</sub></b> | Karbondiyoksit                           |
| <b>H</b>              | Hava                                     |
| <b>F</b>              | Fentanil                                 |
| <b>M</b>              | Morfin                                   |
| <b>KVC</b>            | Kardiyovasküler cerrahi                  |
| <b>AKC</b>            | Açık kalp cerrahisi                      |
| <b>KABGC</b>          | Koroner arter baypas greftleme cerrahisi |
| <b>KPB</b>            | Kardiyopulmoner baypas                   |
| <b>KAH</b>            | Koroner arter hastalığı                  |
| <b>KKH</b>            | Konjenital kalp hastalıkları             |
| <b>VT</b>             | Tidal volüm                              |
| <b>SS</b>             | Solunum sayısı                           |
| <b>ASA</b>            | American Society of Anesthesiology       |
| <b>VKAF</b>           | Volüm kontrol <i>autoflow</i>            |

|             |                                        |
|-------------|----------------------------------------|
| <b>MAK</b>  | Minimum alveoler konsantrasyon         |
| <b>EF</b>   | Ejeksiyon fraksiyonu                   |
| <b>ECMO</b> | Ekstrakorporal membran oksijenizasyonu |
| <b>ES</b>   | Eritrosit süspansiyonu                 |
| <b>VKİ</b>  | Vücut kütle indeksi                    |
| <b>PEEP</b> | Ekspiryum sonu pozitif basınç          |

## **EKLER**

**EK<sub>1</sub>** : Etik Kurul Onayı

**EK<sub>2</sub>** : Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

## **TEŞEKKÜR**

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, hekimliğin ve anesteziyolojinin ilkelerini öğrendiğim sayın hocalarım Prof. Dr. Atalay Arkan'a, Prof. Dr. Ali Günerli'ye, merhume Prof. Dr. Zahide Elar'a, Prof. Dr. Erol Gökel'e; Prof. Dr. Semih Küçükgüçlü'ye, Prof. Dr. Necati Gökmen'e, Prof. Dr. Sermin Öztekin'e, Prof. Dr. Bahar Kuvaki Balkan'a, Prof. Dr. Deniz Özzeybek'e, Prof. Dr. Leyla İyilikçi Karaoğlu'na, Prof. Dr. Çimen Olguner'e, Prof. Dr. Uğur Koca'ya, Prof. Dr. Ayşe Karcı'ya, Prof. Dr. Fikret Maltepe'ye, Prof. Dr. Sevda Özkardeşler'e, Doç. Dr. Volkan Hancı'ya, Doç. Dr. Bülent Serhan Yurtlu'ya, Doç. Dr. Ferim Güneç'e, Doç. Dr. Yüksel Erkin'e, Yrd. Doç. Dr. Aydın Taşdoğan'e ve Yrd. Doç. Dr. Mert Akan'a,

Tez çalışmamın ve uzmanlık eğitimimin her aşamasında yardımlarını hiç esirgemeyen, örnek aldığım, çok değerli hocam Prof. Dr. Hasan Hepağuşlar'a,

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalıştığım, eğitimime katkıda bulunan bölümümüz öğretim üyelerine, her açıdan desteklerini hep yanımda hissettiğim tüm asistan arkadaşlarıma,

Anestezi teknikerleri, ameliyathane, derlenme, yoğun bakım, ağrı ünitesi, gündüz hastanesi ve PACU hemşire ve personeline,

Her zaman ve her konuda sorunlarımıza hızlı çözümler sağlayan, değerli anabilim dalı sekreterimiz Emine Efe Çetinkaya'ya,

Hayatımın her aşamasında desteklerini esirgemeyen, anlam ve mutluluk katan aileme,

Sevgi ve saygılarımla sonsuz teşekkür ederim...

**Dr.Belkıs ŞAŞMAZ**

## ÖZET

### Kardiyak Anestezide Kapalı Devre ve Yarı-Kapalı Devre Kullanımı ile İzofluran Tüketimi ve Maliyeti

Belkıs Şaşmaz, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, İzmir.

**Amaç:** Bu gözlemsel çalışmada; açık kalp cerrahisi (AKC) uygulanan erişkin olgularda, kapalı devre (KD) ve yarı-kapalı devre (YKD) kullanımı ile izofluran (İ), oksijen (O<sub>2</sub>) ve hava (H)'nın tüketim miktarları ve maliyetlerinin saptanması amaçlandı.

**Gereç Yöntem:** Etik Kurul onayı ve hasta onamı sonrası 60 AKC hastası, randomize olarak Kapalı Devre Grubu (KDG, n=30) ve Yarı-kapalı Devre Grubu (YKDG, n=30) olarak ayrıldı. Hastalarda; anestezi indüksiyonu (%100 O<sub>2</sub>, 6 L/dk) pentotal-fentanil (F), (veya morfin [M]) ile, idamesi kardiyopulmoner baypas (KPB) harici dönemde İ-F (veya M) ile, KPB döneminde midazolam-F (veya M) ile sağlandı. KDG'na, idamenin ilk 5 dk.sı, YKDG'na idamede YKD anestezisi (%50 O<sub>2</sub>/%50 H/İ, 4 L/dk akım) uygulandı. KDG'na, idamenin 5. dakikasından sonra KD anestezisi (oto kontrol, %50 O<sub>2</sub>/%50 H/İ) uygulandı. Tüm hastalara yapay solunum volüm kontrol *autoflow* ventilasyon modu ile; KPB harici dönemde; V<sub>T</sub>: 5-8 mL/kg, SS: 10±2 fr/dk, KPB döneminde V<sub>T</sub> ve SS %50 azaltılıp O<sub>2</sub> %100'e yükseltilerek gerçekleştirildi. KPB'nin aortik kros klemp döneminde O<sub>2</sub> insüflasyonu (0.5 L/dk) uygulandı. KPB'tan ayrılmanın ~ 3. dakikasından itibaren %50 O<sub>2</sub>/%50 H/İ uygulandı. Tüm hastalara cerrahi girişimin son ~5 dakikasında YKD anestezisi (%100 O<sub>2</sub>, 4 L/dk) uygulandı. Verilerin analizinde; *Fischer's exact*, *Independent Samples T* ve *Mann Whitney U* testleri kullanıldı. Değerler ort. ±SD veya sayı (%) olarak verildi. p<0.05 anlamlı kabul edildi.

**Bulgular:** İki grup arasında demografik, preoperatif değerlendirme, cerrahi ve anestezik özellikler yönünden fark saptanmadı (p>0.05, p>0.05, p>0.05 ve p>0.05, sırasıyla). İ, O<sub>2</sub> ve havanın saatlik tüketimleri KDG'ta (3.19±1.28 mL/sa, 67.10±20.95 L/sa, 27.55±17.05 L/sa, sırasıyla), YKDG'a (6.59±1.26 mL/sa, 112.58±19.90 L/sa, 79.64±23.53 L/sa, sırasıyla) kıyasla düşük saptandı (p=0.00, p=0.00, p=0.00, sırasıyla). İ ve O<sub>2</sub>'in saatlik maliyeti de KDG'ta (1.71±0.68 TL/sa, 24.69±7.71 TL/sa, sırasıyla), YKDG'a (3.55±0.68 YTL/sa, 41.43±7.32 TL/sa, sırasıyla) kıyasla düşüktü (p=0.00, p=0.00, sırasıyla). Havanın maliyeti gözardı edildi.

**Sonuç:** Bu gözlemsel çalışma, AKC'nde İ/O<sub>2</sub>/H tüketimi ve maliyeti yönünden KD anestezisi ile YKD anestezisini kıyaslayan ilk çalışmadır. KD anestezisi uygulandığında, YKD anestezisine kıyasla, İ, O<sub>2</sub>, hava tüketimleri ve İ, O<sub>2</sub> maliyetleri belirgin azalmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** açık kalp cerrahisi, kapalı devre, yarı kapalı devre, izofluran oksijen, hava, tüketim, maliyet

## SUMMARY

### **Isoflurane Consumption and Cost when Closed Circuit or Semi-closed Circuit is Used in Cardiac Anaesthesia**

**Belkis Sasmaz, Dokuz Eylül University, Medical Faculty, Department of Anesthesiology and Reanimation, İzmir.**

**Aim of the Study:** In this observational study; we aimed to determine the consumptions and costs of isoflurane (I), oxygen (O<sub>2</sub>) and air (A) when closed circuit (CC) or semi-closed circuit (SCC) is used in adult patients undergoing open heart surgery (OHS).

**Materials and Methods:** After obtaining ethics committee approval and patient consent, sixty OHS patients randomized into either closed circuit group (CCG, n:30) or semi-closed circuit group (SCCG, n:30). Anesthesia was induced (100% O<sub>2</sub> 6 L/min) with pentothal-fentanyl(F)/or morphine(M), and maintained with I-F(or M) except the cardiopulmonary bypass(CPB) period. In the CPB period midazolam-F(or M) was used for maintenance. SCC anesthesia (50% O<sub>2</sub>/50% A/I, 4 L/min flow) was applied at the first 5 min of maintenance in the CCG and the whole maintenance time in SCCG. In CCG, after 5 min of maintenance, CC anesthesia (self-control, 50% O<sub>2</sub>/50% A/I) was applied. All patients were ventilated using volume control AutoFlow ventilation mode (V<sub>T</sub>:5-8 L/kg, RR:10±2 fr/min). During CPB, V<sub>T</sub> and RR were decreased 50% and O<sub>2</sub> was increased 100%. During aortic-cross-clamping period, O<sub>2</sub> insufflation (0,5 L/min) was applied. Three min after weaning CPB, 50% O<sub>2</sub>/50% A/I were applied. In the last ~5 min of surgery, SCC anesthesia (100% O<sub>2</sub>, 4L/min.) was applied for patients. Fischer's exact, Independent Samples T and Mann Whitney U tests were used. Values were given as mean.±SD or number(%). P<0,05 was considered significant.

**Results:** There was no difference (p>0,05) between groups in demographics, preoperative evaluation, surgical and anesthetic properties. Hourly consumption of I, O<sub>2</sub> and air; in CCG (3.19±1.28 mL/min, 67.10±20.95 L/min, 27.55±17.05 L/min, respectively) were lower than SCCG (6.59±1.26 mL/min, 112.58±19.90 L/min, 79.64±23.53 L/min, respectively), (p=0.00, p=0.00, p=0.00, respectively). Also hourly cost of I and O<sub>2</sub> in CCG (1.71±0.68 TL/min, 24.69±7.71 TL/min, respectively) were lower than SCCG (3.55±0.68 TL/min, 41.43±7.32 TL/min, respectively). Cost of air was ignored.

**Conclusion:** This is the first observational study which compares I/O<sub>2</sub>/A consumption and their costs in OHS during CC anesthesia or SCC anesthesia. I, O<sub>2</sub> and A consumptions and I, O<sub>2</sub> costs markedly decrease when CC anesthesia is used.

**Key words:** Open heart surgery, closed circuit, semi-closed circuit, isoflurane, oxygen, air, consumption, cost.

## GİRİŞ ve AMAÇ

Anestezi solunum sistemleri (devreleri); gazların tekrar solunma düzeyine göre, açık, yarı-açık, yarı kapalı ve kapalı olmak üzere sınıflandırılır. Yarı kapalı devre(YKD)'ler, taze gaz akımı miktarına göre; yüksek akım ( $\geq 2$  L/dk), düşük akım (1 L/dk) ve minimal akım (0.5 L/dk) olarak 3'e ayrılır. Taze gaz akımı, oksijen tutulumuna (alımına) eşdeğer düzeyde olduğunda ise, solunum devresi kapalı devre (KD) olarak adlandırılır. (1)

Kapalı devre ile taze gaz akımı kullanarak anestezi uygulaması, 1975'li yıllarda tanımlanmış (2, 3) olmasına karşın o dönemde yaygın kullanım alanı bulamamıştır (1, 4). Ayrıca 1989'da hastanemizde yapılan "minimal taze gaz akımlı anestezisi uygulaması" adlı bir çalışma da yapılmıştır.(5) Ancak minimal flow anestezisi uygulamasında o dönemdeki anestezi cihazlarıyla uygulamanın zorluğu nedeniyle ülkemizde ancak son yıllarda yaygın kullanım alanı bulabilmiştir. Kompleks bilgisayar-yardımlı kontrol mekanizmalarına sahip yeni anestezi cihazlarının yakın zamanda klinik kullanıma girmesi ile; KD anestezisi günümüzde güvenilir ve maliyet etkin bir şekilde uygulanır hale gelmiştir. (1, 6-11) Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Merkezi Ameliyathanemizde kullanılan anestezi cihazları (Dräger, Zeus Infinity Empowered, Lübeck, Almanya) taze gaz akımını; ayarlandığında, KD olarak uygulayabilme özelliğine sahiptir.

Anestezi idamesi sırasında düşük taze gaz akımı kullanılması; inhalasyon anesteziklerinin tüketiminin ve maliyetinin azalmasına (6, 12), ısı homeostazının ve nemin korunmasına (13, 14), respiratuvar fonksiyonun ve mukosiliyer aktivitenin devamlılığının sağlanmasına (15) ve ortam kirliliğinin azalmasına (16) katkıda bulunur. Bunlara ek olarak, hemodinamik stabilite (17), korunmuş mikrosirkülasyon (18), azalmış kan transfüzyonu ve inotropik destek gereksinimi (19, 20) KD anestezisinin oluşturduğu ek avantajlardır.

Modern teknoloji ile donatılmış anestezi cihazlarının rutin uygulamada yer alması ile son yıllarda hem non-kardiyak (17, 21, 22) hem de kardiyak cerrahide KD anestezisine ilişkin yayınlar literatürde yer almaya başlamıştır. (19, 20). Su ve ark. (17) 2010 yılında, jinekolojik cerrahide kapalı ve yarı KD sevofluran anestezinin cerrahi uyaran ile hemodinamik yanıtı nasıl etkilediğini kıyaslamışlardır. Cooman ve ark. (21) KD ile düşük akımlı anestezi uygulamasına bağlı gerçekleşen inhalasyon ajanı tüketimini genel cerrahi girişim uygulanan 65 hastada incelemişlerdir. Park ve ark. (22) ise, jinekolojik cerrahide KD uygulaması sırasında desfluranın  $MAK_{bar}$ 'ına ulaşma süresini araştırmışlardır.

2007 yılında koroner arter baypas greftleme cerrahisi (KABGC) uygulanan hastalarda, KD izofluran (İ) anestezisi ile fentanil-propofol bazlı intravenöz anestezi uygulaması;

ekstübasyon zamanı ve yoğun bakımda kalış süresi açısından kıyaslanmıştır (19). Açık kalp cerrahisinde 2010 yılında yapılan bir başka çalışmada, ekstübasyon zamanı, yoğun bakım süresi, kan transfüzyonu ve inotropik destek gereksinimi yönünden KD İ anestezi ile fentanil bazlı anestezi uygulaması kıyaslanmıştır. (20)

Pubmed’de yaptığımız taramada, açık kalp cerrahisi (AKC) uygulanan olgularda “Drager, Zeus *IE*” anestezi cihazı kullanarak, KD ve YKD anesteziinde İ’in ve taşıyıcı medikal gaz olarak kullanılan oksijen (O<sub>2</sub>)’in ve hava (H)’nın tüketim miktarlarını ve maliyetlerini araştıran bir çalışmanın bulunmadığı saptanmıştır.

Bu gözlemsel çalışmada; AKC girişimi uygulanacak erişkin olgularda, kapalı ve yarı-KD kullanımı ile İ’in, O<sub>2</sub>’in ve havanın tüketim miktarlarının ve maliyetlerinin saptanması amaçlanmıştır.

## **GENEL BİLGİLER**

### **A. KARDİYOVASKÜLER CERRAHİ**

Kardiyovasküler cerrahi (KVC) için anestezi dolaşım fizyolojisi, farmakolojisi ve patofizyolojisi hakkında doğru bilgi ile birlikte, kardiyopulmoner baypas (KPB), transözefageal ekokardiyografi, miyokardın korunması ve cerrahi teknikler hakkında eksiksiz bilgi gerektirir. Dolaşım fonksiyonu üzerine cerrahi müdahaleler sıklıkla derin bir etkiye sahip olduğu için, anestezi cerrahinin seyrini dikkatle takip etmeli ve preoperatif değerlendirmeden itibaren her adımda gelişebilecek sorunları sezmeli, önlemler almalıdır .(23, 24)

#### **1. Kardiyak operasyonlar**

##### **a. Koroner arter revaskülarizasyonu**

Koroner arter hastalığı (KAH) koroner arterlerin ateroskleroz nedeniyle progresif olarak oklüzyonu sonucu ve çok yaygın görülen bir kalp hastalığıdır. Semptomlar oksijen sunum ve tüketimi arasındaki dengesizlik sonucu miyokard perfüzyonunun bozulmasından kaynaklanır (25, 26).

Koroner arter revaskülarizasyonu baypasla birlikte ya da ayrı yapılabilir. Uygun damarlar internal mammarian arter, radial arterler ve safenöz vendir. Pompa açık yapılan vakalarda koroner greftlerin distal ucu kalbe ılımlı hipotermide, asistolik arrest sırasında sütüre edilir, halbuki proksimal aortik anastomozlar ısınma fazında aortik kros klempin çıkarılmasından sonra uygulanır.(27) Koroner arter baypas cerrahisinde ekstrakorporal dolaşımın olumsuz yan etkileri nedeniyle daha az invaziv ve KBP kullanılmayan Pompa kapalı cerrahi giderek tercih edilir olmuştur ve sütür sırasında kardiyak hareketi en aza indiren doku stabilize edici cihazların geliştirilmesiyle kolaylaşmıştır.(26, 27)

##### **b. Kapak cerrahisi**

Kalp kapak hastalıkları doğumsal ya da kazanılmış olabilir ve daha sık olarak kalbin sol tarafını etkiler.(27) Stenotik lezyonlara sekonder sol atrium ve ventrikülde basınç yüküyle ilişkili bozukluk oluşturan ventriküler fonksiyonun hemodinamik bozuklukları veya regürjitan lezyonlara sekonder volüm yüküyle ilişkili bozukluklarla sonuçlanır. En sık karşılaşılan kapak hastalıkları mitral ve aortik kapak hastalıklarıdır.(26, 27) Düzeltici cerrahi işlemler kapak hastalığının etyolojik nedenine bağlı olarak rekanalizasyon, onarım veya replasmanı içerir.(25, 27)

Mitral stenoz kadınlarda daha sık görülür ve hemen daima romatizmal hastalıklara bağlıdır.(25, 27) Eğer uzun süre tedavi edilmezse ilerleyici şekilde sol atrial basınçta artışa, atrial fibrilasyona ve atrial trombüs oluşumuna ayrıca takibinde pulmoner vasküler basınçlarda artışa neden olup sonuçta sağ kalp yetmezliğine neden olabilir.(25, 28, 29) Mitral stenoz hafif düzeydeyse medikal olarak tedavi edilir ancak ciddi mitral stenozunun tedavisi genellikle kapak replasman cerrahisidir.(25, 26) KPB'ı takiben, sol ventrikül fonksiyonları normal olan hastalarda bile iskemiye bağlı miyokard depresyonu ve arrest görülebilir. Sol ve sağ ventrikül yetmezliğinden kaçınmak için volüm yükünden kaçınılmalıdır.(26)

Mitral yetmezlik akut ya da kronik olarak pek çok nedene bağlı gelişebilir ve kapak onarımı ya da replasman kararı etyolojik nedene göre verilir.(25) Pek çok cerrah mitral regürjitasyonda replasman yerine mitral kapak onarımını tercih eder. Temel teknikler işlevini yerine getiremeyen kalp yaprakçıklarının rezeksiyonu ve kapak halkasının D şeklindeki halkayla stabil hale getirilmesidir. Mitral kapak replasmanı regürjitan bir kapağın onarımı olanaksızsa, endokardit vakalarında (mitral kapağı içeren) endikedir.(27) Akut mitral yetmezlik tablosunda ani sol ventrikül volüm yüküne bağlı olarak hızla sol atrial dilatasyon ve buna bağlı sağ ventrikül dilatasyonu olur. Sonuçta biventriküler dilatasyon tablosu oluşur. Bu nedenle akut MY'de anestezi yönetiminde çok daha dikkatli olunmalıdır. Sağ yapılarda dilatasyon ve pulmoner ödem oluşabileceğinden rutin kardiyak cerrahi monitörizasyonunda pulmoner arter basıncı(PAB) takibi faydalıdır.(26) Mitral stenoz cerrahisinde anestezi indüksiyonunda ve idamesinde dikkat edilecek temel noktalar, ventriküler kontraktilite ve periferel arteryel dilatasyonun devamlılığını sağlamak, bradikardiden kaçınmak olmalıdır.(25, 26, 28, 29)

Aort yetmezliği primer aort kapak liflet hastalığına, aort kökü dilatasyonuna, veya ikisinin kombinasyonuna bağlı oluşur.(25, 26) Romatizmal hastalıklara, enfektif endokardite, konjenital kapak hastalığına, dejeneratif aort kökü dilatasyonuna, sfilitik aortit gibi enfeksiyöz hastalıklara, marfan sendromu veya aort diseksiyonuna bağlı olabilir. Akut gelişen aort yetmezliğinde travma ve aort diseksiyonu akla getirilmelidir.(26, 28) Aort yetmezliğinde replasman endikasyonları mitral kapak için olanlarla benzerdir.(27) Anestezi yönetiminde indüksiyon sırasında oluşan geçici hemodinamik instabilite aort stenozuna göre daha iyi tolere edilir. Çünkü indüksiyonda oluşan vazodilatasyon, yetmezlikte afterloadı azalttığından fayda sağlar.(26) Çıkan aortun genişlemesiyle birlikte kapak yetmezliği varsa, bir doku kapak ve greft kanal replasmanı yapılabilir. Bu tür vakalarda koroner arterlerin doğal aorttan diseke edilerek greft üzerine reimplante edilmesi gereklidir.(27)

Aort stenozu konjenital defektler (biküspit aorta) veya yaşa bağlı kalsifik değişiklikler nedeniyle oluşur.(25, 26, 29) Stenoz arttıkça sol ventrikülde basınç yükü oluşur ve normal atım

volümünü sağlamak için sol ventrikül ile aorta arasındaki basınç gradientinin artırılması gerekir. Bu basınç gradienti kompanzatuvar sol ventrikül hipertrofisine neden olur.(26, 28, 29) Bu hipertrofi nedeniyle sol ventrikül end diastolik basınçta artışa bağlı diastolik disfonksiyona ve subendokardiyal iskemiye neden olur.(26, 28) Aort stenozunda genellikle tedavi yöntemi hemen her zaman cerrahidir. Aort stenozunda anestezi indüksiyonu ve idamesinde oluşacak hipotansiyonla miyokard depresyonu, disritmi, hipotansiyon ve taşikardi görülür. Anestezi indüksiyonu bu hastalarda dikkatle titre edilerek ve opioid ağırlıklı yapılmalıdır.(26)

## **2. Konjenital Kalp Hastalıklarında Operasyonlar:**

Konjenital kalp hastalıkları (KKH) tüm konjenital anomaliler içinde %30 ile en sık görülen anomalilerdir. Bu hastaların yaklaşık %50'sinde cerrahi gerekmektedir.(26) Yenidoğan ve bebeklerde kardiyovasküler fonksiyonlar yetişkinlerden farklıdır. Atım hacmi göreceli olarak sabit olduğundan kalp debisi esas olarak kalp hızına bağlıdır. Kalpleri aşırı basınç ve hacim yükünü genellikle zor tolere eder. Pediatrik olgularda her iki ventrikül birbirine yetişkinlerden daha çok bağlıdır, bu nedenle bir ventrikülün yetersizliği biventriküler yetersizliği tetikler.(23) Anestezi yönetimi için pediatrik fizyolojik, patolojik ve farmakolojik değişiklikler anestezi uygulamasını zorlaştıracığından mutlaka iyi bilinmeli, konjenital kalp hastalığının patofizyolojisi ve cerrahinin yönetimi iyi değerlendirilmelidir. Anesteziye yanıtları çok daha ciddi olduğundan pediatrik olgularda premedikasyon aşamasından itibaren cerrah, kardiyolog ve anesteziist birlikte çalışmalıdır.(23, 26, 28, 29)

Konjenital kalp hastalıklarının henüz kesin olarak kabul görmüş bir sınıflaması olmamakla birlikte anestezi uygulamasında esas önemli olan spesifik anatomik bozukluktan çok hastanın patofizyolojik ve klinik durumudur. KKH patofizyolojik özelliklerine göre kabul gören sınıflamada 2 grupta incelenir.(26)

**Tablo 1:** Konjenital Kalp Hastalıkları Sınıflaması

| <b>Asiyanotik KKH</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Siyanotik KKH</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li><u>Soldan sağa şant olanlar</u><br/>ASD<br/>VSD<br/>PDA<br/>AVSD<br/>TOF<br/>Parsiyel anormal pulmoner venöz dönüş</li><li><u>Soldan sağa şant olmayanlar</u><br/>Kapak hastalıkları sub/supravalvüler obstrüksiyonlar<br/>Çift odacıklı sağ ventrikül<br/>Kardiyomiyopatiler</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li><u>Pulmoner dolaşımı duktus bağımlı olanlar</u><br/>Ciddi sağ ventrikül çıkım darlığı<br/>Pulmoner atrezi/ciddi stenoz<br/>Triküspit atrezi/ciddi stenoz<br/>Ebstein anomalisi</li><li><u>Sistemik dolaşımı duktus bağımlı olanlar</u><br/>Hipoplastik sol kalp sendromu<br/>Ciddi aort koarktasyonu/aortik interruption</li><li><u>Dolaşımı duktus bağımlı olmayan lezyonlar</u><br/>Geniş ASD/VSD<br/>Geniş AVSD<br/>Trunkus arteriozus<br/>Pulmoner stenoz olmayan triküspit atrezisi<br/>Total anormal pulmoner venöz dönüş anomalisi<br/>TGA(sistemik veya pulmoner dolaşımı değil oksijenizasyon için duktus bağımlı)</li></ol> |

KKH olan hastaların %25inde hava yolunu ilgilendiren anomalilerin olabileceği akılda bulundurulmalıdır. KKH'ların anestezi yönetiminde esas belirleyici olan şantların varlığıdır. Dolayısıyla anatomik şantların tipi ve dinamiğinin bilinmesi zorunludur.(23, 26) Sağ kalım için duktus bağımlı konjenital hastalıklarda ductus arteriosus'un açık kalması için prostaglandinE1 infüzyonu başlanması (0,05-0,1 mcg/kg/dk) ve pulmoner ve sistemik dolaşımların karışabilmesi için atrial septostomi girişimi zaman kazandırıcı olur.(23, 25, 26)

Asiyanotik KKH soldan sağa şantla karakterizedir. Bu şant tedavi edilmezse pulmoner kan akımında aşırı artışla pulmoner hipertansiyon, sağ ventrikül hipertrofisi ve konjestif kalp yetmezliğine sebep olur. Pulmoner hipertansiyonun düzelme şansını korumak için cerrahinin olabildiğince erken yapılması gerekir.(26)

Siyanotik KKH pulmoner kan akımında azalma ve arteriyel hipoksemi ile seyreden sağdan sola şant ile karakterize defektlerdir.(23, 25, 26)

KKH'ların her birinde defektin yerine, boyutuna, hastanın yaşına göre cerrahi prosedür farklılık göstermekle birlikte anestezi cerrahinin her aşamasını önceden bilmeli ve preoperatif tüm hazırlıklarını tamamlamış olmalıdır.(26)

## B. KARDİYOYASKÜLER CERRAHİDE ANESTEZİ

### 1. Preoperatif değerlendirme

Edinsel kalp ve damar hastalıklarına ait risk faktörleri (hipertansiyon (HT), sigara kullanımı, hiperlipidemi, böbrek ve karaciğer hastalıkları, diyabet, obezite), hastanın aldığı ilaçlar, yandaş hastalıklar ve organ fonksiyonları iyi değerlendirilmelidir.(24) Yaş, yinelenen cerrahi girişimler anestezi stratejisi, morbidite ve mortalite açısından önemlidir.(25, 26, 28, 29). Çünkü bu faktörler seçilecek anestezi ilaçlarının farmakolojisini ve dozunu, uyarımlara olan yanıtı etkilemektedir.(26)

*American Society of Anesthesiology* risk sınıflaması kalp cerrahisi anestezi için genel bir risk değerlendirilmesi sağlarken, *Goldman* kardiyak risk indeksi, anjinal sendromları sınıflandıran *NewYork Heart Association* sınıflaması ve *European System for Cardiac Operative* risk sınıflaması gibi kardiyak cerrahide kullanılan sistemler daha spesifik öngörü ve bilgi vermektedir.(30) Kardiyovasküler fonksiyonlar ve koroner kapasite; sol ventrikül diyastol sonu volüm ve basıncı, ejeksiyon fraksiyonu (EF), ekokardiyografi, anjiyografi ve laboratuvar raporları ile değerlendirilmelidir.(26)

### 2. Premedikasyon

Kalp cerrahisi planlanan hastalarda, miyokardın O<sub>2</sub> sunum ve tüketim dengesi çok hassas olduğundan, premedikasyon ayrı bir önem taşımaktadır. Bu dengenin hipertansiyon ve taşikardi gibi nedenlerle bozulmasına bağlı olarak miyokard iskemisi gelişebilmektedir. Premedikasyonda sıklıkla benzodiyazepinler ve opioidler başta olmak üzere, antihipertansif etkisinin yanı sıra sedatif ve analjezik etkili klonidin, deksmetadomidin ve sekresyon artışını önleyen antikolinesteraz grubu çeşitli ilaçlar kullanılmaktadır.(24)

### 3. Monitorizasyon

Anestezi uygulaması sırasında anestezinin güvenliği ve hastanın fizyolojik verilerini izlemek için gerekli olan monitörizasyon kalp cerrahisinde daha da önem kazanmaktadır. Kalp cerrahisinde temel ve ileri monitörizasyon metodları, transfüzyon, sıvı tedavisi ve inotropik-vazodilatör ilaç seçimi ile ilgili soruları içeren çok merkezli bir çalışmanın sonuçlarına göre; EKG izlemi, arter ve santral venöz basınç kateteri takılması ve takibi (% 100), pulmoner arter kateteri takılması ve pulmoner basınçların takibi (%58.2), transözofageal ekokardiyografi (%38.1) ve transpulmoner dilüsyon tekniklerinin (% 13) kullanımı ile kalp debisi ölçümü ve takibi, belirtilen oranlarda saptanmıştır.(24)

#### 4. Anestezi Uygulaması

Kardiyak cerrahide bir anestezi tekniğinin diğerine üstün olduğu gösterilmemiştir.(27) Kalp cerrahisinde anestezi derinliği sağlanmasının yanında hemodinamik ve hormonal yanıtı dengelemek, KPB sırasında hemodilüsyona bağlı ilaçların proteinlere bağlanma ve dolayısıyla dokuya taşınma oranlarının değişimini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu amaçla hipnotik, opioid ve özellikle miyokardın önkoşullamasında önemli olan inhalasyon ajanlarını dengeli olarak kullanmak önemlidir.(24)

##### a. Anestezi indüksiyonu:

Kardiyovasküler cerrahi geçirecek hastalarda anestezi ajan seçiminde önemli olan, kullanılacak ajandan çok kardiyovasküler stabilitenin ve doku perfüzyonunun korunmasıdır.(25, 26) Tiopental sodyum indüksiyonda sıklıkla seçilebilir bir ajandır. Etomidatın genellikle hemodinamik değişkenleri az etkilediği, miyokardın oksijen gereksinimi ve sunumu arasındaki dengeyi koruduğu bilinmektedir. Nonkardiyak ve kardiyak hastalarda etomidatın 0.15-0.30 mg/kg dozlarda verilmesinin hemodinamiyi belirgin olarak değiştirmedeği gözlemlenmiştir.(24, 27) Ancak etomidatın epileptik hastalarda nöbet eşiğini düşürdüğü ve tekrarlayan dozlarda mortalite ile sonuçlanabilecek adrenokortikal supresyona neden olduğu hatırlanmalıdır.(25, 26) Ketamin sempatik aktiviteyi artırması nedeniyle erişkin KVC anestezisinde sık tercih edilmese de KKH olan çocuklarda olumlu etkileri nedeniyle sık kullanılan bir ajandır.(26)

İndüksiyon ilaçlarına ek olarak, hipotansiyon ya da hipertansiyon epizotları biçimindeki hemodinamik dalgalanmaları kontrol edecek bir seri ilacın da hazır olması zorunludur. Bunlar aralıklı bolus ya da sürekli infüzyon biçiminde uygulanabilir.(27)

##### b. Anestezi İdamesi:

###### - İntravenöz anestezikler

Yeterli anestezi ve analjezi sağlamaları, miyokard depresyonu ve histamin salınımına neden olmamaları nedeniyle en yaygın kullanılan ajanlar opioidlerdir. Özellikle ventrikül fonksiyonu kısıtlı hastalarda tercih edilebilir. Ancak tek ajan olarak kullanıldıklarında peroperatif farkında olma ve HT'a sebep olabileceklerinden genellikle benzodiazepinlerle birlikte kullanılmaları önerilmektedir.(26) Diğer opioidlerin (alfentanil, morfin, remifentanil, sufentanil) kullanıldığı teknikler de tanımlandığı halde, en çok tercih edilen opioid fentanildir (5-50 ug/kg). Geleneksel olarak kardiyak anestezistler entübasyon ve kas gevşemesinin sürdürülmesi için, neden olacağı hafif taşikardi nedeniyle fentanilden kaynaklanan bradikardiyi

antagonize edeceğine inanarak pankuronyum (0.1 mg/kg) kullanmışlardır. Hızlı seyreden cerrahilerin ve erken ekstübasyonun başlaması nedeniyle kısa etkili kas gevşeticilere doğru bir eğilim söz konusudur.(27) Benzodiyazepinler kalp cerrahisinde premedikasyonda ve intraoperatif dönemde amnezi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.(24)

#### **- İnhalasyon Anestezikleri**

İnhalasyon anestezikleri, yeterli amnezi ve analjezi düzeyi sağlamak, kas gevşemesini desteklemek için kalp cerrahisinde kullanılırlar. İnhalasyon anestezikleri miyokard kontraktilitesinde, vasküler düz kaslarda, arteriyel kan basıncı devamlılığının sağlanmasında çok önemli rol oynayan baroreseptör refleksler üzerinde etkilidirler. İnhalasyon anestezikleri, hızlı ve geri dönüşümlü olarak kan basıncını azaltırlar. Kalp hızı üzerine etkileri değişkendir. Kalp cerrahisinde inhalasyon ajanları düşük doz opioidlerle ve kısa etkili hipnotik ilaçlarla birlikte anestezi devamında yaygın olarak kullanılmaktadır.(24-26, 31, 32) İnhalasyon anestezikleri operatif süreçte ventilatör veya oksijenatör vasıtasıyla verilebildiklerinden iskemik ön koşullanma için oldukça uygundur. Çeşitli yayınlarda İ, desfluran ve özellikle son yıllarda sevofluranın iskemik ön koşullamada olumlu rolleri olduğu saptanmıştır.(24, 33) Sevofluranın, miyokard üzerine doğrudan baskılayıcı etkisi azdır, ancak sistemik vazodilatasyon etkisi ile arter basıncını düşürür. Kalp debisi önemli oranda etkilenmez, kalp atım hızı genellikle değişmez. Koroner perfüzyon basıncının yanısıra miyokard oksijen tüketimini de azalttığından miyokard iskemisine yol açmayarak miyokardın adrenaline duyarlılığını arttırmaz.(24-25, 34) Ancak inhalasyon anestezikleri arasında yapılan bir karşılaştırmada İ'nin, sevofluran ve desflurana göre daha etkili miyokardiyal koruma sağladığı sunulurken desfluranın sevoflurandan daha üstün olduğunu gösteren yayınlar da vardır.(26)

### **5. KVC'ye Ait Özellikler:**

#### **a. Kardiyopulmoner baypas (KPB)**

Ekstrakorporeal dolaşım; bir pompa, bir ısı değiştirici ve gaz değişimi için bir membran oksijenatörünü kapsar. KPB'a başlarken, perfüzyonist venöz hattaki klempi çıkarır ve kan yerçekimi veya sifon etkisi ile sağ atriyum ve vena kavadan venöz rezervuara drene olur. Sağ ventriküler kan akımı azalır ve sonuç olarak kardiyak output düşer. Baypas pompası kanı arteriyel kanül yoluyla hastanın aortuna veya femoral arterine geri döndürür. Kan, baypas makinesinden geçirilirken ısıtılır/soğutulur ve oksijenize edilir. Perfüzyonist tam akıma ulaşıldığında cerraha ve anesteziye haber verir ve bu hasta için optimal akımdır (2.2 L/dk/m<sup>2</sup>) ve hastanın yüzey alanına bağlıdır. Akım genellikle nonpulsatildir, Baypas sırasında ortalama

arteriyel basınçlar 50-80 mmHg civarında tutulur. Bu basınç uygun dozlarda vazokonstriktör veya vazodilatatör ilaçlar verilerek ayarlanır. (27)

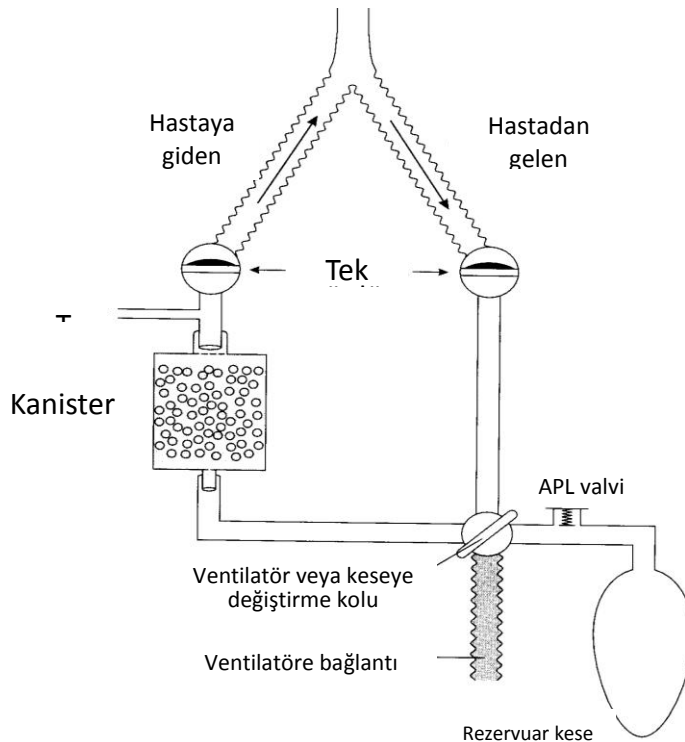
#### **b. Miyokardiyal koruma**

Kalp durdurulur ve miyokard kardiyoplejik solüsyon kullanılarak iskemik hasara karşı korunur. Koroner dolaşıma enjekte edilmek üzere pek çok değişik bileşim tanımlanmıştır ancak diastolik arresti indüklemek için tek temel bileşen potasyumdur.(27)

### **3. ANESTEZİ SOLUNUM SİSTEMLERİ**

#### **a. Yarı Kapalı Devre Anestezi:**

Günümüzde yetişkinler ve büyük çocuklarda en fazla kullanılan solunum sistemidir. Bu sistemde anestezi gazları, solunum yollarına tamamen taze gaz akımı ve tekrar solunan gazlarla taşınır. Solunum yolu ve rezervuar balon, inspirasyon sırasında atmosfere kapalı; ekspirasyon sırasında ise açıktır. Karbondioksitin sistemde emilmesi ile beraber tekrar soluma oluşur. Yarı kapalı devre anestezisinde ayarlanan taze gaz konsantrasyonu tutulumdan bağımsız olarak sabit miktarda taze gaz akışı sağlar. Bu nedenle soluma devresindeki ısı ve buhar kaybına neden olmaktadır. Bunun yanında yüksek maliyetli olduğu bilinmektedir. Yarı kapalı devre anestezisinin kapalı devre anestezisine göre daha kararlı inhalasyon anestezisi sağladığı kabul edilir. Ancak kapalı devre anestezi cihazlarının yaygınlaşmasıyla son yıllarda yapılan pek çok yayın kapalı devre anestezisinin güvenle uygulandığını göstermektedir.(35)



**Şekil 1.** Dolanımlı – yarı kapalı soluma sistemi

### **b. Kapalı Devre Anestezi:**

Anestezi sistemleri geri solumasız, kısmi geri solumalı veya total geri solumalı olarak sınıflandırılabilir. Geri solumasız sistemde (açık sistem), solunum devresine giren taze gaz akımı hastanın dakika ventilasyonunu aşar. Hasta tarafından absorbe edilmeyen tüm gazlar basınç giderici valf yoluyla dışarı atılır; CO<sub>2</sub> absorbanından akım geçmez ve hiçbir gaz hasta tarafından tekrar solunmaz. (36)

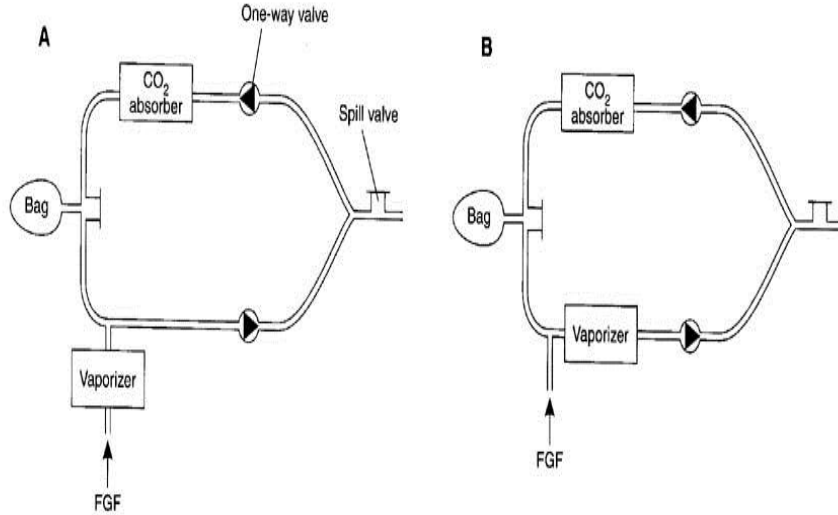
Kısmi geri solumalı sistemlerde (yarı açık veya yarı kapalı), taze gaz akımı hastaya sağlanan dakika ventilasyonundan az fakat hasta tarafından alınan tüm gazların miktarından daha fazladır. Taze gaz akımı ile hastanın aldığı arasındaki fark basınç giderici valfden atılan volüme eşittir. Bu yüzden, atılan gaz üç yoldan birine yönelebilir: Basınç giderici valfden boşalabilir, CO<sub>2</sub> absorbanı tarafından tutulabilir veya hasta tarafından yeniden solunabilir. Total geri solumalı bir sistem (kapalı devre) basınç giderici valf yoluyla herhangi bir gaz boşaltmaz. Bu durum, CO<sub>2</sub> hariç ekshale edilen tüm gazlar tekrar solunur; hiperkarbiyi önlemek için ekspire edilen CO<sub>2</sub>'in CO<sub>2</sub> absorbanı ile elimine edilmesi gerekir ve sisteme giren total taze gaz akımı hastanın akciğerleri tarafından alınan gaz miktarına hemen hemen eşit olmalıdır, anlamına gelir. (36)

Anestezik ajanın ve O<sub>2</sub> istenen alveoler parsiyel basıncının devam ettirilmesi için gereken taze gaz akımı anestezik alınımları ve metabolik hıza bağlıdır. Bu akım miktarı, değişmeyen bir ekspirasyon sonu solunum balonu volümü veya ventilatör körüğü uzunluğu ile kendini gösteren sabit bir völüm ve sabit bir ekspire edilen O<sub>2</sub> konsantrasyonu ile temin edilebilir. (36)

Anestezik gazların yeniden solunması ısı ve nemi korur, ortamın anesteziklerle kirlenmesini azaltır, anesteziklerin alınımlarını gösterir ve devre kaçaklarının ve metabolik değişikliklerin erkenden saptanmasına imkan verir. Akım hızları volatil anestezik maliyetinin en önemli belirleyicileridir. Ancak, bazı anestezi uzmanları KD tekniklerinin daha fazla hipoksi, hiperkarbi ve anestezik doz aşımı riski taşıdığını düşünmektedirler. Kuşkusuz, KD anestezisi çok dikkatli olmayı ve farmakodinamilerin kapsamlı olarak bilinmesini gerektirir. (36)

Bazı anestezi makinaları düşük akım veremezler çünkü bunlar metabolik oksijen tüketiminden daha yüksek zorunlu O<sub>2</sub> akımına sahiptirler veya potansiyel olarak hipoksik karışımlarının uygulanmasına izin vermezler.(36) İnspiratuvar O<sub>2</sub>'nin, nitroz oksit ve ekspiratuvar volatil anestezik konsantrasyonun bilgisayar yardımıyla kontrolünü sağlayan yeni anestezi ventilatörleri geliştirilmiştir. Devre dışı vaporizatörlerin kullanıldığı klasik anestezi ventilatörlerinde kullanılan düşük akım ya da minimal akım teknikleri ile kıyaslandığında, bu yeni geliştirilen ventilatörler, hedeflenen volatil konsantrasyonlarını daha güvenilir bir şekilde

ve daha hızlı sağlayabilmektedir. Arzulanan end-tidal konsantrasyonlar, operatör müdahalesi gerektirmeden ya da çok az müdahale ile stabil tutulabilmektedir ve volatil anesteziklerin atılma süresi de kısalmıştır. Modern *feedback* kontrollü ventilatörler, kapalı devre anestezinin, güvenilir ve ekonomik bir yöntem olarak rutin klinik pratikte kullanımına imkan vermiştir.(37)



Şekil 2. Kapalı devre anestezi sistemi

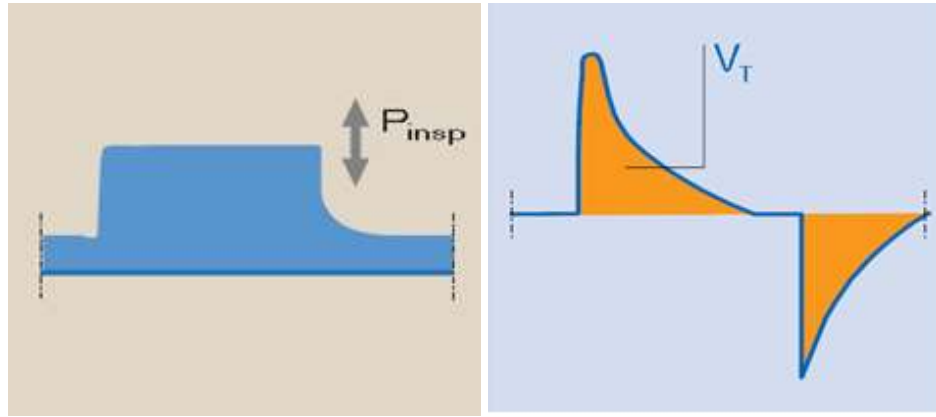
#### 4. ANESTEZİ CİHAZINA İLİŞKİN BİLGİLER

##### 1a. Drager Zeus İfinity Empowered:

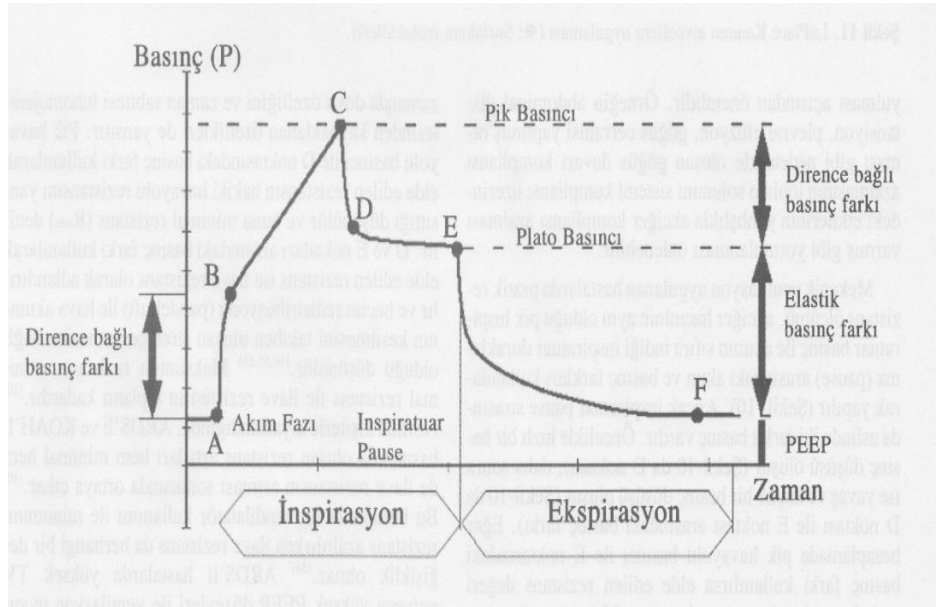
Hastanemiz ameliyathanesinde de 2009'dan beri mevcut olan anestezi cihazı pek çok modern ve işlevsel solunum moduyla ventilasyon sağlar. Bunlar temel olarak volüm kontrollü ve basınç kontrollü modlardır. Ancak volüm kontrollü AutoFlow (VKAF) modu ile taze gaz akışını minimize etmektedir. Hem intravenöz hemde inhaler hedef kontrollü anestezi özelliği mevcuttur. İstenen taze gaz akış oranı ya da aralığından bağımsız olarak uygun minimum alveoler konsantrasyon (MAK) değeri sağlamada KD ventilasyonunda kullanılabilir. Bu da gaz tüketimini metabolik düzeyde mutlak bir minimum seviyede tutarak uygun maliyetli etkin anestezi uygulamaya imkan sağlar. (38)

##### 1b. Volüm Kontrol AutoFlow Ventilasyon Modu:

Volüm kontrollü autoflow, azalan akışa sahip volüm kontrollü ventilasyon modudur. AutoFlow ayarlanan tidal volümü, olası en düşük inspiratuvar basınçta verme özelliğine sahiptir. (39, 40)



**Şekil 3.** Volüm kontrol *AutoFlow* ventilasyon modunda sabit akım yerine azalan inspirasyon akımı (39).



**Şekil 4.** Volüm kontrol ventilasyon modunda oluşan basınç-zaman eğrisi ve bileşenleri (40).

Volüm kontrollü autoflow modu, mekanik inspirasyonun aşamalı adaptasyonu tarafından akciğer durumuna göre ayarlanmış tidal volümün uygulanmasını garanti eder. Spontan solunum herhangi bir anda olanaklıdır.(41) Hastanın spontan solunum çabasından veya akciğerin kompliyans modifikasyonlarından dolayı bağımsız ventilasyon soluklarındaki tidal volüm, ayarlanan tidal volümden sapmalar gösterebilir. Öte yandan, ortalama zamanda ayarlanan volüme karşılık gelen bir tidal volüm uygulanır.(41)

### ***AutoFlow* başlangıç davranışı ve algoritması**

*AutoFlow* ventilasyonun başlatılmasının ardından gelen üçüncü inspirasyon soluğu kullanılarak ventilasyon basıncı hesaplanan hedef basınca ayarlanır. Bundan itibaren inspirasyon basıncının her bir yeni solukta yeniden ayarlanması sadece  $\pm 3$  mbar ile sınırlıdır. Maksimum ventilasyon basıncı kullanıcı tarafından ayarlanan üst basınç limiti ile sınırlıdır. Eğer bir basınç limiti ayarlanmış ise tidal volüm hedefi artık geçerli değildir. Bu durum kullanıcıya alarm ile bildirilir.(41)

### **1c. Gaz tutulumu ve tüketimine İlişkin Monitorizasyon:**

Hastalar anestezi devresine bağlı iken iki tip gaz solurlar; anestezi makinesinden verilen taze gazlar ve önceki ekspiryumundan ekshale olan ve yeniden solutulan gazlardır. Yeniden solutulan gazdaki anestezi ajan hasta tarafından uzaklaştırılıp cihaz tarafından tutulduğu (alınım) için tutulum miktarı ve yeniden solutulan miktar inspire edilen anestezi konsantrasyonunu etkiler.(35)

Gaz tutulumu(alınımı); kan çözünürlüğü, kalp debisi ve alveol-ven anestezi parsiyel basınç gradientinin çarpımına eşit kabul edilir. Vendeki parsiyel anestezi basıncı alveol içi anestezi basıncından çok fazla düşük olduğundan vendeki parsiyel basınç önemsiz kabul edilir. Gaz tutulumu inhalasyon anesteziği başladığında ilk birkaç dakikada yüksektir. Ancak 5-10 dakika sonra düşük değerlere ulaşır. Bunun nedeni yeterli alveoler gaz konsantrasyonunun sağlanması ve hastanın ekspiryum havasından geri solumanın başlamış olmasıdır.(35)

Operasyon süresince kapalı devre anestezi ile solutulan hastaların oksijen tutulumu anlık olarak anestezi cihazının monitöründen (hastanemizde Drager Zeus Infinity Empowered'da mevcut) takip edilebilmektedir. Aynı zamanda operasyonun herhangi bir zamanında anestezi cihazının monitöründen operasyon başlangıcından itibaren toplam kaç litre oksijen, hava/nitroz oksit, kaç mililitre anestezi ajan kullanıldığı saptanabilmektedir.(35)

## GEREÇ ve YÖNTEM

Bu gözlemsel çalışmaya, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kalp Damar Cerrahisi Ameliyathanesi'nde elektif koşullarda koroner arter hastalığı ve/veya kapak hastalığı nedeniyle kardiyak cerrahi girişim geçirecek onsekiz yaş üstü 60 olgunun dahil edilmesi planlandı. Çalışma; “Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu” onayı alındıktan sonra yapıp, çalışmaya katılan tüm hastalardan bilgilendirilmiş yazılı onam alındı.

Çalışmaya dahil edilen 60 hastanın: (1) Kapalı Devre Grubu (KDG, 30 hasta) ve (2) Yarı-kapalı Devre grubu (YKDG, 30 hasta) olmak üzere randomizasyonla (kapalı zarf yöntemi) iki gruba ayrıldı.

Acil cerrahi girişim, Düşük EF (<%30), geçirilmiş kardiyak cerrahi girişim, ağırlığın 100 kilogramın üstünde olması, kontrol edilemeyen yüksek kan şekeri, astım, ağır KOAH, akut veya kronik böbrek yetmezliği, karaciğer yetmezliği (siroz), hipo veya hipertiroidi, preoperatif yapay solunum desteği, ciddi malnütrisyon, sepsisemi çalışmanın dışlanma kriterleri olarak belirlendi. Çalışmaya dahil edildikten sonra KPB'tan ayrılma sonrası düşük kardiyak debiye sahip olan ve yüksek dozda (20 µg/kg/dk) inotropik ajan desteği alanlar veya mekanik destek (İntraaortik balon pompası, ECMO) uygulanan olgular ile masif transfüzyon uygulanan olguların çalışmadan çıkarılması planlandı. Çalışmaya randomizasyona bağlı kalarak yeni olgular eklenip, 60 olgunun verileri toplandıktan sonra çalışmanın tamamlanması planlandı.

Tüm hastalara standart anestezi uygulaması yapıp, rutin uygulamada yapılanın dışında, herhangi bir ilaç uygulaması yapılmadı. Operasyona başlamadan önce, karbon dioksit absorbanı (Medisorb, GE Healthcare Worldwide) yenilendi. Anestezi cihazı (Drager, Zeus Infinity Empowered, Drager Medical AG & Co. KG, Almanya), (Resim 1, 2) anestezi uygulamasına başlamadan önce otomatik testten geçirilip, her olgu için tek bir dispoziibl solunum devresi kullanıldı. Daha sonra bir dakikada 5 saniye süre ile üç kez olmak üzere 5 dakika boyunca oksijen ile temizlenme sağlandı (denitrojenasyon).

Operasyon salonuna alınan olgulara; preoksijenasyon (4 L/dk O<sub>2</sub>) uygulandı ve non-invaziv arter basıncı, EKG, periferik oksijen satürasyonu monitorizasyonu sağlandı, eşzamanlı olarak damaryolu açıldı ve ardından 1-2 mg midazolam İV yoldan verildi. Lokal anestezi (lidokain, 5-20 mg) altında radyal arter kanüle edildi.



**Resim 1.** Dräger, Zeus *Infinity Empowered* Anestezi Cihazı



**Resim 2.** Anestezi cihazının monitörü

Her iki gruba dahil edilen hastalarda anestezi indüksiyonu; pentotal (3-5 mg/kg) ve fentanil (3-10 µg/kg) ile sağlandı. Bu dönemde maske ventilasyonunun; 6 L/dk O<sub>2</sub> akımı (FiO<sub>2</sub>: 1.0) kullanılarak yapılması ve daha sonra rokuronyum (0.6-1 mg/kg) ile endotrakeal entübasyon gerçekleştirilmesi planlandı. Nazofarinfeal ısı probu yerleştirilip intraoperatif ısı monitorizasyonu sağlandı.

Kapalı gruba ait hastalara, anestezi idamesinde önce 5 dk boyunca 4 L/dk taze gaz akımı ile yarı-kapalı devre kullanılıp (O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub>:%50, alveolar doygunluk), daha sonra KD (oto-kontrol)'ye geçilerek VKAF ventilasyon modu ile mekanik ventilasyon (V<sub>T</sub>: 5-8 mL/kg, I/E: 1/2, FiO<sub>2</sub>: 0.5; PEEP: Ø, SS: 10±2 fr/dk [ETco<sub>2</sub> 30-35 mm Hg olacak şekilde]) uygulandı. (Resim 3)

Yarı-kapalı gruba ait hastalara ise anestezi idamesinde 4 L/dk taze gaz akımı ile (O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O) ile YKD kullanılarak VKAF ventilasyon modu ile mekanik ventilasyon (V<sub>T</sub>: 5-8 mL/kg, I/E: 1/2, FiO<sub>2</sub>: 0.5; PEEP: Ø, SS: 10±2 fr/dk [ETco<sub>2</sub> 30-35 mm Hg olacak şekilde]) uygulandı. (Resim 4) Anestezi idamesinde her iki grupta gerekli olduğunda FiO<sub>2</sub> artırıldı ve bu olgular kaydedildi.



**Resim 3.** Kapalı devre anestezi monitör verileri



**Resim 4.** Yarı-kapalı devre anestezi monitör verileri

Her iki grupta anestezi idamesinin, fentanil ve İ ile sağlanması planlandı. Fentanil; sternotomi öncesi bolus (2-5 µg/kg) uygulanıp, sternotomi sonrası gereğinde ek bolus dozları (2-5 µg/kg) kullanıldı. Hastanemiz eczanesinde ve ameliyathanede fentanilin bulunmadığı dönemde hem anestezi induksiyonu, hem de anestezi idamesinde morfin kullanıldı. Anestezi idamesinde İ; KDG'nda Etizof ve YKDG'nda inspirasyon yüzdesi (% İ) ayarlanarak MAK 1.0 düzeyinde olacak şekilde uygulanmasıdır.

Anestezi derinliğini artırmak gerektiğinde (Ortalama arter basıncı [OAB]'nda, induksiyon öncesine göre %20 üstü artış); önce fentanil bolus dozu (2-5 µg/kg) kullanılıp, sonra izofluran dozunun (MAK: 1.3) artırılması planlandı. İntraoperatif hipertansiyonunun devam etmesi durumunda, gliseril trinitrat ve sodyum nitroprusit kullanılması planlandı. OAB'ında bir düşme söz konusu olduğunda (<65 mmHg) İ konsantrasyonu azaltılarak (MAK:0.5), gerekirse İ uygulamasının kapatılması planlandı. Ek olarak sıvı replasmanı yapıp, gereğinde efedrin (5 mg) uygulanması planlandı. Kas gevşemesinin devamlılığı için rokuronyumun (0,15-0.3 mg/kg) bolus dozları kullanıldı. Koroner arter baypas greftleme cerrahisi uygulanacak olgulara stabil hemodinamik denge varlığında koroner vazodilatasyon amacıyla düşük doz gliseril trinitrat (0.25-0.5 µg/kg/dk) kullanıldı.

Anestezi induksiyonu sonrasında tüm hastalara vena jugularis interna (öncelikle sağ) yolu ile çok lümenli santral venöz kateter takılıp, intraoperatif bolus ve infüzyon şeklinde ilaç-sıvı uygulaması ve santral venöz basıncın monitorizasyonu sağlandı.

Tüm hastalarda median sternotomi sonrası ACT kontrolü (480 saniye) ile standart assendan aort ve sağ atriyal kanülasyon yapıp KPB'a geçilmesi planlandı. KPB sırasında her iki grupta yapay solunum; %100 O<sub>2</sub> (FiO<sub>2</sub>: 1.0) ile solunum frekansı ve tidal volüm %50 azaltıldı.

Kardiyopulmoner baypas, ılımlı veya orta düzeyde uygulanan hipotermi (28-32 °C) altında uygulandı. Kros klemp süresince (total KPB) yapay solunum ve İ uygulaması durdurulup O<sub>2</sub> insüflasyonu (0.5 L/dk) uygulanması planlandı. Bu dönemde midazolam (1-2 mg) ve fentanilin (2 µg/kg), ekstrakorporeal dolaşım yoluyla bolus dozlar şeklinde uygulanması planlandı. Kros klemp kaldırıldıktan sonraki KPB döneminde İ uygulamasına başlanıp FiO<sub>2</sub>:1.0 olarak ayarlanması planlandı. KPB'tan ayrılma sonrasında (~ 3. dk) arteriyel kan gazı analizi değerlendirilerek FiO<sub>2</sub>; 0.5'e düşürülmesi planlandı.

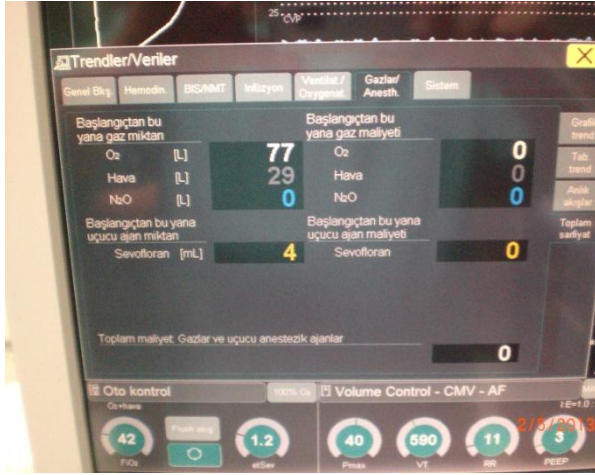
Kapalı gruba dahil hastaların; transport öncesi, cerrahi girişimin yaklaşık son 5 dakikasında, diğer grubun hastaları gibi 4 L/dk oksijen (FiO<sub>2</sub>: 1.0) akımı ile yapay olarak YKD kullanılarak solutuldu. Anestezi cihazı (Zeus IE); KD kullanıldığında oksijen tutulum değerlerini anlık olarak monitöründe göstermektedir. Bu nedenle sadece KDG hastalarının bu değerleri saptandı. Cihaz O<sub>2</sub> tutulumunun monitörizasyonunda, Brody formülünü kullanmaktadır [O<sub>2</sub> tutulumu = 10 x 3/4 kg].(Resim 5)



**Resim 5.** Anlık oksijen tutulumu değerinin monitörden elde edilmesi.

Cerrahi girişim tamamlanmasından sonra hastalar Kalp Damar Cerrahisi Yoğun Bakım Ünitesi'ne balon-valv-maske sistemi kullanılarak entübe, oksijen desteğinde ve EKG, invaziv arter basıncı ve SpO<sub>2</sub> monitorizasyonu eşliğinde transport edildi.

Özetlenecek olursa; bu gözlemsel çalışmada; AKC girişimi geçirecek erişkin hastalar iki gruba ayrılıp; bir gruba KD uygulanarak anestezi idamesi sağlanması, diğer gruba yüksek taze gaz akım hızı (4 L/dk) ile YKD uygulanarak anestezi idamesi sağlanması, cerrahi girişimin sonlanması ile birlikte anestezi cihazının monitöründen bakılarak,  $\dot{I}$ ,  $O_2$  ve havanın, cerrahi girişim süresince tüketilen miktarları belirlenip, kaydedilmesi planlandı. (Resim 6, 7) İki grubun tüketim yönünden ve ayrıca güncel ücretler baz alınarak, maliyet yönünden karşılaştırılması planlandı.



**Resim 6.** Anestezik gazların toplam tüketimi



**Resim 7.** Anestezik gazların anlık tüketimi

## İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 15.0 versiyonu kullanıldı.

İki grup arasında ASA sınıflaması, cinsiyet, yandaş hastalık, preoperatif ilaç kullanımı ve geçirilmiş cerrahi tipi gibi değişkenlerin Fischer's exact testi ile; yaş ağırlık, boy ve vücut kütle indeksi gibi değişkenlerin *independent samples t*-testi ile kıyaslandı.

İki grup arasında, anestezi süresi, cerrahi süre, KPB süresi, kros-klemp süresi, ısı düzeyi gibi değişkenlerin, tüketim ve maliyete ilişkin verilerin karşılaştırılmasında; öncelikle Shapiro-Wilk testi ile dağılımın normal olup olmadığı belirlenip, normal dağılım saptanan verilerde *independent samples t*-testi, normal dağılım saptanmayan verilerde ise *Mann-Whitney U* testi kullanıldı. KG'ta KPB öncesi ve sonrası arasında  $O_2$  tutulumu yönünden istatistiksel analiz *Wilcoxon Signed Ranks* testi ile yapıldı. Değerler ort.  $\pm$ SD ve/veya sayı (%) olarak verilir,  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Çalışma Etik Kurul onayı alındıktan sonra 13.06.2013 ile 10.09.2014 tarihleri arasında 60 hasta dahil edilerek gerçekleştirildi.

Çalışmaya alınan altmış hastaya ilişkin demografik veriler ve preoperatif değerlendirmeye ait özellikler Tablo 2’de, cerrahi girişime ilişkin özellikler ise Tablo 3’de sunuldu.

**Tablo 2.** Hastaların demografik verileri ve preoperatif değerlendirmeye ait özellikleri.

|                              | YKDG (n=30)         | KDG (n=30)           | <i>p</i> değeri |
|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| <b>Cinsiyet (E/K)</b>        | <b>21/9</b>         | <b>17/13</b>         | <b>0.42</b>     |
| <b>Yaş (yıl)</b>             | <b>62.10±7.93</b>   | <b>64.26±13.27</b>   | <b>0.14</b>     |
| <b>Ağırlık (kg)</b>          | <b>78.06±9.55</b>   | <b>77.30±12.94</b>   | <b>0.79</b>     |
| <b>Boy (cm)</b>              | <b>168.30±7.28</b>  | <b>165.30±9.98</b>   | <b>0.79</b>     |
| <b>VKİ</b>                   | <b>27.65±3.68</b>   | <b>27.65±3.68</b>    | <b>0.76</b>     |
| <b>ASA Sınıfı</b>            |                     |                      |                 |
| <b>I-II/III-IV</b>           | <b>15/15</b>        | <b>8/22</b>          | <b>0.11</b>     |
| <b>EF (%)</b>                | <b>54.50±9.17</b>   | <b>50.17±9.73</b>    | <b>0.09</b>     |
| <b>Yandaş Hastalıklar</b>    | <b>27 (% 90)</b>    | <b>28 (% 93.33)</b>  | <b>1.00</b>     |
| Hipertansiyon                | 20 (%66.66)         | 17 (%56.66)          |                 |
| Periferik Vask.<br>Hastalık  | -<br>8 (%26.66)     | 2 (%6.66)<br>9 (%30) |                 |
| Diyabet                      | 3 (%10)             | 4 (%13.33)           |                 |
| KOAH                         | 3 (%10)             | 5 (%16.66)           |                 |
| Serebrovasküler Hst.         | 11 (%36.66)         | 10 (%33.33)          |                 |
| Diğer                        |                     |                      |                 |
| <b>Geçir.Cerrahi Girişim</b> | <b>22 (% 73.33)</b> | <b>23(% 76.66)</b>   | <b>0.26</b>     |
| Non-kardiyak                 | 22 (%100)           | 22 (%95.65)          |                 |
| Kardiyak                     | -                   | 1 (%4.34)            |                 |
| <b>Preop. İlaç Kull.</b>     | <b>29 (% 96.66)</b> | <b>29 (% 96.66)</b>  | <b>1.00</b>     |

Ort. ±SD ve/veya sayı (%)

**Tablo 3.** Cerrahi girişime ilişkin özellikler.

|                                       | <b>YKDG</b><br><b>(n=30)</b>   | <b>KDG</b><br><b>(n=30)</b>      | <b>P</b><br><b>değeri</b> |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Cerrahi girişimin tipi</b>         |                                |                                  |                           |
| KABG Cerr.                            | 19 (% 63.33)                   | 16 (% 53.33)                     | <b>0.60</b>               |
| Tek Kapak Repl.                       | 5 (% 16.66)                    | 10 (% 33.33)                     | <b>0.23</b>               |
| Çift Kapak Repl.                      | 2 (% 6.66)                     | 1 (%3.33)                        | <b>1.00</b>               |
| KABG Cerr.+Kapak Repl.                | 3 (% 10)                       | 2 (% 6.66)                       | <b>1.00</b>               |
| Atriyal Miksoma                       | -                              | 1 (%3.33)                        | <b>1.00</b>               |
| ASD                                   | 1 (%3.33)                      | -                                | <b>1.00</b>               |
| <b>Cerrahi süre (dk)</b>              | 232.40±52.45                   | 244.70±60.21                     | <b>0.40</b>               |
| <b>KPB süresi (dk)</b>                | 103.30±32.04                   | 114.33±47.30                     | <b>0.52</b>               |
| <b>Kros-klemp süresi (dk)</b>         | 63.36±26                       | 73.16±43.57                      | <b>0.63</b>               |
| <b>İntraop. uygulanan gliseril</b>    | 27                             | 30                               | <b>0.23</b>               |
| <b>trinitrat olgu sayısı ve total</b> | 16.89±12.64                    | 17.47±17.06                      | <b>0.57</b>               |
| <b>doz (mg)</b>                       |                                |                                  |                           |
| <b>KPB sırasında ES kull. Olgu</b>    | 10                             | 10                               | <b>1.00</b>               |
| <b>sayısı ve ort. ES miktarı</b>      | 1.50±0.52                      | 1.60±0.96                        | <b>0.85</b>               |
| <b>(adet)</b>                         |                                |                                  |                           |
| <b>İntraop. ES kull. olgu sayısı</b>  | 27                             | 26                               | <b>1.00</b>               |
| <b>ve ort. ES miktarı (adet)</b>      | 2.25±1.05                      | 2.84±1.28                        | <b>0.07</b>               |
| <b>İntraop. ek sıvı replasmanı</b>    | 5                              | 6                                | <b>1.00</b>               |
| <b>yapılan olgu sayısı ve miktarı</b> | 450.00±180                     | 258.33±149.72                    | <b>0.11</b>               |
| <b>(mL)</b>                           |                                |                                  |                           |
| <b>İntraop. efedrin uygulanan</b>     | 7                              | 5                                | <b>0.74</b>               |
| <b>olgu sayısı/ort. doz (mg)</b>      | 9.64±5.48                      | 8.00±2.73                        | <b>0.64</b>               |
| <b>KPB sonrası inotropik ajan</b>     | 10                             | 18                               | <b>0.06</b>               |
| <b>kull. olgu sayısı</b>              |                                |                                  |                           |
| Dopamin olgu (min-maks)               | 3 (2.5-15 µg/kg/dk)            | 4 (2.5-7.5 µg/kg/dk)             | <b>1.00</b>               |
| Dobutamin olgu (min-maks)             | 5 (2.5-5 µg/kg/dk)             | 10 (2.5-10 µg/kg/dk)             | <b>0.23</b>               |
| Dop.+dob. olgu (min-maks)             | 2 (5-5 µg/kg/dk+ 5-5 µg/kg/dk) | 4 (5-20 µg/kg/dk+ 5-10 µg/kg/dk) | <b>0.67</b>               |

ort. ±SD ve/veya sayı (%)

**Tablo 4.** Anestezi uygulamasına ilişkin özellikler.

|                                                              | YKDG (n=30)    | KDG (n=30)   | P değeri    |
|--------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-------------|
| <b>Anestezi süresi (dk)</b>                                  | 273.60±54.15   | 289.50±63.06 | <b>0.29</b> |
| <b>Preop. midazolam tüketimi (total, mg/kg)</b>              | 2.00±1.05      | 1.63±0.76    | <b>0.15</b> |
| <b>İntraop. midazolam tüketimi (total, mg/kg)</b>            | 3.43±1.65      | 3.33±1.24    | <b>0.92</b> |
| <b>Morfin/fentanil kull. olgu</b>                            | 22/8           | 22/8         | <b>0.61</b> |
| <b>İntraop. morfin tüketimi (total, /mgkg)</b>               | 27.63±5.46     | 24.45±5.33   | <b>0.06</b> |
| <b>İntraop fentanil tüketimi (total, µg/kg)</b>              | 1300.00±268.59 | 1175±203.54  | <b>0.31</b> |
| <b>İdamede FiO<sub>2</sub>&gt;0.5 kullanılan Olgu Sayısı</b> | 1              | 1            | <b>1.00</b> |
| <b>Düzeyi</b>                                                | 0.6            | 0.8          |             |
| <b>Süresi (dk)</b>                                           | 35             | 20           |             |

ort. ±SD ve/veya sayı (%)

Her iki gruptaki olgulardan elde edilen anestezi uygulamasına ilişkin özellikler Tablo 4’te sunuldu. İki grup arasında bu özellikler yönünden anlamlı bir fark saptanmadı.

İ, O<sub>2</sub> ve H’nın total ve saatlik tüketimleri ile maliyetleri Tablo 5’te sunuldu. Maliyet saptanırken, İ’nin fiyatı, 0,54 TL/mL olarak alındı (50 TL+%8KDV, 19.06.2015 tarihinde DEÜTF Hastanesi Eczanesi). Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinin Tıbbi Gaz Santralindeki sıvı O<sub>2</sub> tanklarından sağlanan O<sub>2</sub>’nin maliyeti ise 0,368 TL/L olarak belirlendi. Tıbbi hava, hastanemiz tıbbi gaz santralinde, kuru hava kompresörü (AirCRONE by Bottarini, KS44) kullanılarak, oda havasından ayrıştırılarak elde edildiğinden, maliyeti göz ardı edilebilecek düzeyde düşük olduğu için hesaplanmadı ve istatistiki değerlendirmeye alınmadı (~ < 0,001 TL/mL).

Her iki gruba ait KPB döneminde en düşük nazofaringeal ısı düzeyleri KG olgularında 30.92±1.38 °C, YG olgularında 31.42±1.56 °C olarak saptandı, bu açıdan iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0.13).

Kapalı devre anestezisi uygulanırken sadece KG hastalarında saptanan oksijen tutulum değerleri anestezi idamesinin 15. dakikasında 184.46±64.83 mL/dk, KPB sonrası 15. dk.da 229.80±106.14 mL/dk olarak saptandı Oksijen tutulumunun bu grupta KPB sonrası anlamlı düzeyde arttığı saptandı. (p=0.000).

**Tablo 5.** İzofluran, oksijen ve havanın total ve saatlik tüketimleri ve maliyetleri.

|                     | <b>YKDG</b>   | <b>KDG</b>    | <b>P</b>      |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
|                     | <b>(n=30)</b> | <b>(n=30)</b> | <b>Değeri</b> |
| <b>İzofluran</b>    |               |               |               |
| <b>Tüketim</b>      |               |               |               |
| <b>Total (mL)</b>   | 30.13±8.91    | 15.20±6.41    | <b>0.000</b>  |
| <b>Saat (mL/sa)</b> | 6.59±1.26     | 3.19±1.28     | <b>0.000</b>  |
| <b>Maliyet (TL)</b> |               |               |               |
| <b>Total (TL)</b>   | 16.27±4.81    | 8.20±3.46     | <b>0.000</b>  |
| <b>Saat (TL/sa)</b> | 3.55±0.68     | 1.71±0.68     | <b>0.000</b>  |
| <b>Oksijen</b>      |               |               |               |
| <b>Tüketim</b>      |               |               |               |
| <b>Total (L)</b>    | 503.96±111.63 | 319.86±113.47 | <b>0.000</b>  |
| <b>Saat (L/sa)</b>  | 112.58±19.90  | 67.10±20.95   | <b>0.000</b>  |
| <b>Maliyet (TL)</b> |               |               |               |
| <b>Total (TL)</b>   | 185.45±41.08  | 117.71±41.75  | <b>0.000</b>  |
| <b>Saat (TL/sa)</b> | 41.43±7.32    | 24.69±7.71    | <b>0.000</b>  |
| <b>Hava</b>         |               |               |               |
| <b>Tüketim</b>      |               |               |               |
| <b>Total (L)</b>    | 364.60±158.07 | 131.13±84.76  | <b>0.000</b>  |
| <b>Saat (L/sa)</b>  | 79.64±23.53   | 27.55±17.05   | <b>0.000</b>  |
| <b>ort±SD</b>       |               |               |               |

Bu gözlemsel çalışmada, çalışmaya dahil edilen hiçbir olguda, çalışmaya bağlı olarak istenmeyen herhangi bir olumsuz sonuç gözlenmedi.

## TARTIŞMA

Bu gözlemsel çalışmada; ilk kez olarak AKC girişimi uygulanan erişkin olgularda, kapalı ve yarı-kapalı devre kullanımı ile  $\dot{V}$ ,  $O_2$  ve havanın tüketim miktarları ile  $\dot{V}$  ve  $O_2$ 'in maliyetleri belirlendi. Çalışma sonucunda; KD anestezisi uygulandığında, YKD anestezisine kıyasla,  $\dot{V}$ ,  $O_2$  ve hava tüketimlerinin yanında  $\dot{V}/O_2$  maliyetlerinin belirgin düzeyde azaldığı saptandı. Anestezik tüketim ve maliyetinin öneminin gittikçe arttığı günümüzde, KD anestezisi uygulamaya sahip anestezi cihazlarının varlığında, AKC'nde YKD anestezisine kıyasla, KD anestezisinin özellikle yeğlenmesi gerektiği sonucuna varıldı.

Anestezi devresi içine uygulanan taze gaz akım hızı çoğunlukla; metabolik akım (<250 mL/dk), minimal akım (250-500 mL/dk), düşük akım (500-1000 mL/dk), orta akım (1-2 L/dk), yüksek akım (2-4 L/dk) ve çok yüksek akım (>4 L/dk) olarak sınıflandırılır. (7, 42) Gazların tekrar solunma düzeyine göre ise, anestezi solunum sistemleri (devreleri); açık, yarı-açık, yarı kapalı ve kapalı olarak sınıflandırılmaktadır. Yarı kapalı devreler, taze gaz akımı miktarına göre; yüksek akım ( $\geq 2$  L/dk), düşük akım (1 L/dk) ve minimal akım (0.5 L/dk) olmak üzere 3'e ayrılır. Anestezi devresine uygulanan taze gaz akımı,  $O_2$  tutulumuna (alımına) eşdeğer düzeyde olduğunda, solunum devresi KD olarak adlandırılır. (1)

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Merkezi Ameliyathanemizde cerrahi girişim uygulanan hastaların anestezi yönetiminde, kapalı devre anestezisini uygulayabilen modern teknolojiye sahip Drager, Zeus Infinity Empowered (Lübeck, Almanya) anestezi cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlarda taze gaz akımı; kapalı devre (oto-kontrol, dakikadaki taze gaz akışı otomatik olarak en düşük değere ayarlanır,  $O_2$  tutulumuna ayarlı taze gaz akım hızı) veya yarı-kapalı devre (taze gaz kontrollü,  $\geq 0,5$  L/dk) olarak kullanılabilir. (41) Rutinde kullandığımız anestezi cihazlarının sahip olduğu bu özelliklere bağlı olarak, biz çalışmamızda KD ve YKD olmak üzere iki grup oluşturarak bu araştırmayı planladık.

Kapalı devre anestezisi uygulayabilen anestezi cihazlarını kullanırken, opere edilen olgularda; inspire ve ekspire (end-tidal) edilen anestezik gazların konsantrasyonu, end-tidal yaşa-uyarlanmış MAK, periferik  $O_2$  satürasyonu ( $SpO_2$ ), inspire edilen  $O_2$  oranı ( $FiO_2$ ), inspire edilen karbondioksit oranı ( $FiCO_2$ ) ve end-tidal karbondioksit oranı ( $EtCO_2$ ) sürekli olarak monitorizasyonunu sağladık. (1, 6)

Literatürde Zeus anestezi cihazı kullanarak non kardiyak ve kardiyak cerrahi girişimler sırasında KD anestezi ve inhalasyon anesteziiklerinin maliyetini ve tüketimlerini araştıran çalışmalar yer almaktadır.(11, 17, 21-24, 43, 44)

De Cooman ve ark. (43), Drager Zeus anestezi cihazının KD anesteziini başarılı bir şekilde uygulayabildiğini bildirmişlerdir. De Cooman ve ark. bir başka çalışmalarında (21) KD ile düşük akımlı anestezi uygulamasını genel cerrahi girişim yapılan 65 hastada araştırmışlar, desfluran tüketiminin KD anesteziinde daha az olduğunu saptamışlardır. Su ve ark. (17) 2010 yılında, jinekolojik cerrahide kapalı ve YKD sevofluran anesteziinin, cerrahi uyaran ile hemodinamik yanıtı nasıl etkilediğini araştırmışlar, KD anesteziinin akut hemodinamik yanıtları kontrol etmede daha hızlı ve daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Hemodinamik ve derlenme kriterleri yönünden bir fark saptamamalarına karşın KD anestezi ile YKD anesteziini kıyaslayan klinik prospektif jinekolojik bir diğerk çalışmada Park ve ark. (22), KD ile  $MAK_{bar}$ 'a ulaşma süresinin, desfluranda daha kısa olduğunu bildirmişler ve desfluran tüketiminin de KD anestezi kullanımıında daha az olduğu saptamışlardır.

Kardiyak cerrahi uygulanan hastalarda Zeus anestezi cihazı kullanılarak KD anestezi uygulayan çalışmalara bakıldığında, Chang ve ark. (19) 2007 yılında KD İ anestezi ile fentanil-propofol bazlı intravenöz anestezi uygulamasını; ekstübasyon zamanı ve yoğun bakımda kalış süresi gibi parametreler açısından koroner arter baypas greftleme cerrahisi uygulanan hastalarda kıyaslamışlar, KD anestezi kullanılan grupta daha az inotropik ajan kullanımı ile daha erken ekstübasyon sağladıklarını, ancak yoğun bakımda kalış süresinde iki grup arasında bir fark bulmadıklarını belirtmişlerdir. 2010 yılında yapılan bir başka açık kalp cerrahisi çalışmasında, KD İ kullanımı ile anestezi sağlanan hastalarda, fentanil bazlı anesteziye kıyasla, daha erken ekstübasyon ve daha kısa yoğun bakım kalış süresi sağlandığı ve daha az kan transfüzyonu kullanıldığı belirtilmiştir. (20) Anabilim Dalımızda da açık kalp cerrahisi uygulanan hastalarda 2011-2012 yıllarında, Drager Zeus *IE* anestezi cihazı kullanılarak, kapalı devre (oto-kontrollü taze gaz akımı) ile uygulanan “Volüm Kontrol *AutoFlow*” ventilasyon modunun, akciğerk mekanikleri üzerine etkisi, gözlemsel bir çalışma altında araştırılmıştır. (45) Literatürde yer alan bu çalışmalara dayanarak, bizim çalışmamız, AKC de KD anestezi sırasında İ'n tüketimini ve maliyetini araştıran ilk çalışma olarak yer almıştır.

Günümüzde İ , sevofluran ve desfluran KD anestezi sırasında inhalasyon ajanı olarak uygulanabilmektedir. (46) Ancak, KD anestezi sırasında bu inhalasyon ajanları içinde sevofluran kullanımının yüksek oranda Compound A birikimine yol açabileceği

vurgulanmıştır.(47, 48) Deneysel bir çalışmada, sevofluranın KD anestezisi sırasında Compound A birikimi araştırılmış, 250 mL/dk ve 500 mL/dk taze gaz akım hızında önemli düzeyde bir birikim artışı saptanmadığı bildirilmiştir.(49) Bir taşıyıcı gaz komponenti olarak nitroz oksitin artık sadece belirli durumlarda kullanımı tavsiye edilmektedir. Rutin klinik uygulamada nitroz oksit olmadan inhalasyon anestezisi uygulamasında kesinlikle herhangi bir sorun saptanmamıştır. Analjezik etki opioid miktarı ılımlı miktarda arttırılarak ve hipnotik etki de inhalasyon anestezisi konsantrasyonu yükseltilecek kolaylıkla sağlanır. Nitroz oksit olmadan O<sub>2</sub> ve hava karışımının taşıyıcı gaz olarak kullanılması düşük akımlı anestezi tekniğinin performansını da oldukça arttırır. Hastalar sadece O<sub>2</sub> ve volatil anesteziyle solutulduğunda total gaz tutulumu belirgin olarak azalır. Aynı zamanda KD'nin azot birikimi nedeniyle daha sık temizlenmesi gerekliliği de ortadan kalkar. (50) Biz bu gözlemsel çalışmada, rutinde kullandığımız inhalasyon ajanlarından olan İ'nin tüketim ve maliyetini taşıyıcı gaz olarak O<sub>2</sub> ve hava kullanımı sırasında saptadık. Benzer şekilde literatürde sadece O<sub>2</sub> ve havanın taşıyıcı gaz olarak kullanıldığı ve KD anestezisinin araştırıldığı bir çok çalışma mevcuttur. (6, 43, 47, 50)

Tüketim ve maliyetin KD anestezisi sırasında doğal olarak düşük olacağı (7) öngörülebilir; ancak, AKC'nde bu azalmanın düzeyinin KD kullanımında ne kadar düzeyde olacağı bilinmemektedir. Cerrahi bir girişimde, anestezi uygulaması tüm giderlerin önemli bir kısmını oluşturmuyor ise de; tüketim yıllık bazda değerlendirildiğinde, anestezide kullanılan ajanlara ait maliyetler göz ardı edilemeyecek miktarlara ulaşır. İnhalasyon anestezikleri ise, tüm anestezi maliyetinin ortalama %5 ile %20'sini oluşturmakta (51, 52) ve tüm intraoperatif maliyetin ise %1'ini oluşturmaktadır. Buna ek olarak, anestezi maliyetini belirleyen en önemli faktörlerden birisi taze gaz akım hızıdır. (51, 52)

Çalışmamızda İ AKC sırasında KD anestezisi ile uygulandı, total tüketimi 15.20 mL, saatlik tüketimi ise 3.19 mL olarak bulundu, buna karşın YKD anestezisinde total tüketim 30.13 mL, saatlik tüketim ise 6.59 mL olarak bulundu. İzofluranın total maliyeti KDG'ta 8.20 TL, saatlik maliyeti ise 1.71 TL olarak bulundu. YKDG'ta bu değerler sırasıyla 16.27 TL ve 3.55 TL olarak bulundu. YKD kullanımına kıyasla, inhalasyon ajanının hem tüketimi hem de maliyeti KD anestezisi ile saatlik olarak %52, total olarak %50 oranında azaldı.

Doolke ve ark. (53) taze gaz akım hızlarının bir kat artışı ile inhalasyon ajanı tüketiminin %100'den fazla arttığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada 6 L'lik taze gaz akımı 1.5 L'ye düştüğünde sevofluran maliyetinin yaklaşık 5 kat azaldığını bildirmişlerdir (15.5 USD vs 2.80 USD). Honemann ve ark. (54) 0.35-1 L/dk taze gaz akım hızı kullanıldığında, %75'in üstünde

bir azalma sağladıklarını bildirmişlerdir. Buchinger ve ark. (55) ise yetişkin kadın hastalarda minimal akım anestezisinde İ tüketiminin ve maliyetinin azaldığını ancak desfluran için böyle bir azalmanın oluşmadığını bildirmişlerdir. *Physioflex* anestezisi cihazı kullanarak KD anestezisi uygulanan bir çalışmada, İ tüketimi 3.9 mL/sa olarak belirlenmiş ve maliyet ise 16.26 TL/sa (5.42 SFr/sa, güncel kur kullanılarak, 22.10.2015) olarak bulunmuştur. (6) 1990 yılında kliniğimizde yapılan bir çalışmada düşük akım anestezisi tekniği uygulanan 44 kadın hastada her 50 kg vücut ağırlığı için saatlik ortalama Halotan tüketimi 2,9 ml olarak saptanmıştır. (56) Kapalı devre kullanımı sırasında inhalasyon ajanının tüketim ve maliyetinin kıyaslanmasında, kinetik farklılıkların da önemli olduğu literatürde vurgulanmıştır. (50)

Çalışmamızda O<sub>2</sub>'in AKC sırasında KD anestezisi uygulandığında total tüketimi 319.86 mL, saatlik tüketimi ise 67.10 mL olarak bulundu, buna karşın YKD anestezisinde total tüketim 503.96 mL, saatlik tüketim ise 112.58 mL olarak bulundu. O<sub>2</sub>'in total tüketimi KD anestezisi ile %36, saatlik tüketimi %40,4 oranında azaldı. O<sub>2</sub>'in total maliyeti KD grubunda 117,71 TL, saatlik maliyeti ise 24.69 TL olarak bulundu. YKD grubunda bu değerler sırasıyla 185.45 TL ve 41.43 TL olarak bulundu. YKD kullanımına kıyasla, oksijenin KD anestezisi ile total maliyeti % 36,5, saatlik maliyeti %40,4 oranında azaldı.

Biro P ve ark. (6) KD anestezisinde İ'nin tüketim ve maliyetini araştırdığı bir çalışmada; O<sub>2</sub> tüketimini 27.9 L/sa bulmuş ve maliyetini ise 0.12 TL/sa (SFr 0.04/sa, güncel kur kullanılarak, 22.10.2015) olarak hesaplamıştır. %30 O<sub>2</sub> ve %70 azot protoksitin ve % 0.91 konsantrasyonda İ'nin kullanıldığı bu çalışmada; azot protoksit 11.9 L/sa olarak tüketilmiş ve maliyeti ise 0.81 TL/sa (SFr 0.27/sa, güncel kur kullanılarak, 22.10.2015) olarak bulunmuştur.

Havanın KD anestezisinde total tüketimi 131.13 mL, saatlik tüketimi ise 27.55 mL olarak bulundu, buna karşın YKD anestezisinde total tüketim 364.60 mL, saatlik tüketim ise 79.64 mL olarak bulundu. Havanın YKD anestezisine kıyasla KD anestezisi ile total tüketimi %64, saatlik tüketimi %65.5 düzeyinde azaldı.

İnotropik destek açısından AKC'nde KD anestezisi ile YD anestezisi kıyaslandığında; KD anestezisi kullanılan grupta daha az inotropik ajan kullanımı bildirilmiş (19, 20) olmasına karşın bizim çalışmamızda inotropik ajan kullanımının KD anestezisi uygulanan grupta daha fazla olduğu bulunmuş, ancak bunun istatistiksel anlamlı bir fark oluşturmadığı saptanmıştır. Bu konunun daha iyi değerlendirilebilmesi için ileri araştırmalara gereksinim vardır.

Kapalı devre anestezisi uygulanırken sadece KDG hastalarında O<sub>2</sub> tutulum değerleri saptanabilmiştir. Anestezi idamesinin 15. dakikasına kıyasla, KPB sonrası erken dönemde KD anestezisi uygulanan hasta grubunda O<sub>2</sub> tutulumu anlamlı düzeyde artmıştır. Bu sonuç, KPB'tan ayrılma döneminde ısı'nın 37 °C üstünde olmasına bağlı olabilir.

Bu gözlemsel çalışmada bazı kısıtlamalar mevcuttur. Kapalı devre anestezisi uygulaması sırasında, devrenin istenmeyen gazlardan temizlenmesi amacıyla, anestezi cihazı otomatik olarak KD'den çıkmakta ve yüksek miktarda taze gaz akımı uygulamaktadır. Bu uygulama sonucunda, inhalasyon ajanının tüketiminin artması söz konusudur. Bu durumu De Cooman ve ark. (44) 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada irdemişler, kapalı devrede bir miktar N<sub>2</sub> varlığının kabul edilmesi ile yüksek taze gaz akımı gereksiniminin ve buna bağlı olarak inhalasyon ajanı tüketiminin azalabileceğini vurgulamışlardır. Benzer şekilde KD anestezisi uygulaması sırasında desfluran tüketimini araştıran De Cooman ve ark. (21) başlangıçta istenilen ajan konsantrasyonuna ulaşmak için hastanın alımından daha fazla miktarda desfluran tüketiminin söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, bu gözlemsel çalışma AKC'nde İ/O<sub>2</sub>/H tüketimi ve maliyeti yönünden KD anestezisi ile YKD anestezisini kıyaslayan ilk çalışmadır. KD anestezisi uygulandığında, YKD anestezisine kıyasla, İ, O<sub>2</sub> ve hava tüketimleri ve İ, O<sub>2</sub>'nin maliyetleri belirgin şekilde azalmaktadır.

Açık kalp cerrahisi uygulanan olgularda, düşük taze gaz akım hızları ile 4-6 L/dk gibi konvansiyonel kullanılan taze gaz akım hızlarının kullanıldığı ve inhalasyon ajanı tüketimi ve maliyetinin kıyaslamasının planlandığı ileri araştırmalara gereksinim vardır.

## KAYNAKLAR

1. Schober P, Loer SA. Closed system anaesthesia – historical aspects and recent developments. *European Journal of Anaesthesiology*. 2006; 23: 914-20.
2. Barton F, Ninn JF. Totally closed circuit nitrous oxide/oxygen anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1975; 47: 350-7.
3. Bushman JA, Enderby DH, Al-Abrak MH, Askill S. Closed circuit anaesthesia. A new approach. *Br J Anaesth*. 1977; 69: 575-87.
4. Morita S, Goto T, Niimi Y. Closed circuit anesthesia: its foundation and application. *Masui*. 1994; 43: 915-20.
5. Arkan A, Günerli A, Akıntürk İ, Gökel E, Sağıroğlu E. Minimal Taze Gaz Akımlı Anestezi Uygulaması. *Türk Anest ve Rean Cem Mecmuası*. 17: 141-144, 1989.
6. Biro P. Anesthetic gas consumption and costs in a closed system with the PhysioFlex anesthesia equipment. 1993; 42: 638-43.
7. Brattwall M, Warren-Stomberg M, Hesselvik F, Jakobsson J. Brief review: Theory and practice of minimal fresh gas flow anesthesia. *Can J Anesth*. 2012; 59: 785-97.
8. Meyer JU, Kullik G, Wruck N, Kück K, Manigel J. Advanced technologies and devices for inhalation anesthetic drug dosing. *Handb Exp Pharmacol*. 2008; 182: 451-70.
9. Droh R, Rolly G, Schepp R. Practical experience with more than 60000 closed circuit anesthetics. Traditional and future implications of the closed circuit concept. *Acta Anaesthesiol Belg*. 1984; 35: 265-72.
10. Morita S, Goto T, Niimi Y. Closed circuit anesthesia: a perspective in clinical practice. *Masui*. 1994; 43: 746-52.
11. Baum JA. New and alternative delivery concepts and techniques. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2005; 19: 415-28.
12. Weiskopf RB, Edmond I. Comparing the Costs of Inhaled Anesthetics. *Anesthesiology*. 1993; 79:1413-18.
13. Bengtson JP, Bengtson A, Stenqvist O. The circle system as a humidifier. *Br J Anaesth*. 1989; 63: 453-7.
14. Kleemann PP. Humidity of anaesthetic gases with respect to low flow anaesthesia. *Anaesth Intensive Care*. 1994; 22: 396-408.
15. Bilgi M, Goksu S, Mizrak A, Cevik C, Gul R, Koruk S, Sahin L. Comparison of the effects of low-flow and high-flow inhalational anaesthesia with nitrous oxide and desflurane on mucociliary activity and pulmonary function tests. *Eur J Anaesthesiol*. 2011; 28: 279-83.

16. Ryan SM, Nielsen CJ. Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics: Application to Clinical Use. *International Society for Anaesthetic Pharmacology*. 2010; 111: 10.1213.
17. Su Choi, HW Jung, HI Jung, JY Park, SZ Yoon, YS Lee, WY Kim, SH Chang. Control of the Haemodynamic Response to Surgical Stimuli in Semi-closed Circuit or Closed Circuit Anaesthesia Using a Multifunctional Anaesthesia System. *The Journal of International Medical Research*. 2012; 28: 1637-44.
18. Ke YC, Ho ST, Yi HD, Li CY, Wang JJ, Lin CY, Lu CC. Closed-circuit anesthesia preserves skin blood flow during surgery. *Acta Anaesthesiol Taiwan*. 2006; 44: 25-30.
19. Chang FL, Lin SL, Tsai CS, Yeh CC, Wu CT, Wong CS. Closed-circuit isoflurane-based anesthesia provides better fast-tracking anesthesia than fentanyl/propofol-based anesthesia for off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Acta Anaesthesiol Taiwan*. 2007; 45: 135-9.
20. Wu CC, Ho ST, Lin CY, Lee FY. Bloodless and Non-inotropic Cardiac Surgery under Closed-circuit Anesthesia. *Acta Anaesthesiol Taiwan*. 2010; 48: 21-7.
21. De Cooman S, Lecain A, Sosnowski M, De Wolf AM, Hendrickx JF. Desflurane consumption with the Zeus during automated closed circuit versus low flow anesthesia. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2009; 60: 35-7.
22. JY Park, HW Shin, SK Jeon, SU Choi, WY Kim, HW Lee, HJ Lim, SM Yoon, SH Chang. A Comparison of Consumption and Recovery Profiles According to Anaesthetic Circuit Mode Using a New Multifunctional Closed-circuit Anaesthesia System during Desflurane Anaesthesia: a Clinical Study. *JIMR* 2010; 38: 160-8.
23. Morgan GE, Maged SM, Murray JM. Kardiyovasküler Cerrahide Anestezi. *Lange Klinik Anesteziyoloji*, 5. Baskı, Güneş Tıp Kitabevi, 2015:435-86
24. Tüzüner F. Erişkin Kalp Cerrahisinde Anestezi. *Anestezi-Yoğun bakım – Ağrı*. MN Medikal & Nobel Tıp Kitabevi, 2010:831-74
25. Miller DM, Johns RA. History of Anesthetic Practice. *Miller's Anesthesia*. Sixth Edition Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone. 2015:1968-1969
26. Keçik N. Kardiyak Cerrahi ve Anestezi. *Temel Anestezi*. Güneş Tıp Kitabevi. 2011
27. Turan ÖI. Kardiyak Cerrahi. *Lee's Synopsis of Anaesthesia (Lee's Synopsis of Anaesthesia, Davies NJH, Casman JN, eds)*. Onüçüncü Baskı, Güneş Tıp Kitapevleri, 2008: 555-80.
28. Mackay JH. Premedication, induction and maintenance, Pediatric Cardiac Anesthesia. *Cardiac Anesthesia*. Sixth Cambridge Medicine. 2012

29. Kaplan JA, Reich DL, Savino JS. Anesthesia for Miyocardial Revascularization, Kaplans Cardiac Anesthesia. Sixth Edition. Elsevier Saunders. 2011
30. Kastrup M, Markewitz A, Spies C, Carl M, Erb J, Grosse J et al. Current practice of hemodynamic monitoring and vasopressor and inotropic therapy in postoperative cardiac surgery patients in Germany: results from a postal survey. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2007; 51(3):347-58.
31. Morgan GE, Maged SM, Murray JM. İnhalasyon anesteziikleri. Lange Klinik Anesteziyoloji, 5. Baskı, Güneş Tıp Kitabevi, 2015: 153-173
32. Howie MB, Cheng D, Newman MF, Pierce ET, Hogue C, Hillel Z, Bowdle TA, Bukenya D. A randomized double-blinded multicenter comparison of remifentanyl versus fentanyl when combined with isoflurane/propofol for early extubation in coronary artery bypass graft surgery. *Anesth Analg*. 2001 May; 92(5):1084-93.
33. De Hert SG, ten Broecke PW, Martens E, et al. Sevoflurane but not propofol preserves myocardial function in coronary surgery patients. *Anesthesiology* 97: 42-49, 2002.
34. Yapıcı N. OPCAB Tekniğinde Farmakolojik Yaklaşım; Kısa Etkili İlaçların Kullanımı. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci* 2(45): 11-20, 2006.
35. Nyhan D, Johns RA. Inhaled Anesthetic Pharmacokinetics: Uptake, Distribution, Metabolism, and Toxicity. Chapter 26 *Miller's Anesthesia*, Six Edition. Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone, 2005;748-767
36. Tulunay M, Cuhruk H. İnhalasyon Anesteziikleri. Lange Klinik Anesteziyoloji. (Clinical Anesthesiology, Morgan GE, Maged SM, Murray JM, eds). Dördüncü Baskı, Güneş Tıp Kitapevleri, 2008: 175-76.
37. Schober P, Loer SA. An innovative anaesthesia machine: the closed system. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2005; 18: 640-4.
38. Drager Zeus Infinity Empowered Görsel Kullanma Kılavuzu, Drager Medical AG & Co. KG, Birinci Basım. Şubat 2009;13-55.
39. "www.draeger.com" internet sitesinden alınmıştır. AutoFlow®, The Oxylog 3000 plus incorporates the benefits of pressure controlled ventilation into volume controlled ventilation. Dräger Medical GmbH. Aralık 2009.
40. Tüzüner F. Solunum Sistemi Mekanikleri. Anestezi Yoğun Bakım Ağrı'da, MN Medikal & Nobel Tıp Kitabevi, 2010: 1277-88.
41. Drager Zeus Infinity Empowered Kullanma Kılavuzu, Drager Medical AG & Co. KG, Birinci Basım. Şubat 2009;375-76.

42. Alan D. Baxter. Low and minimal flow inhalation anaesthesia. *Can J Anaesth.* 1997; 44: 643-53.
43. De Couman S, Hendrickx JF, Payton PJ, Demeere JL, De Wolf M. Agent consumption with the Zeus In the automated closed circuit anesthesia mode with O<sub>2</sub>/air mixtures. *BMC Res Notes.* 2014;7:469
44. De Cooman S, De Mey N, Dewulf B, Carette R, Deloof T, Sosnowski M, De Wolf AM, Hendrickx J. Desflurane consumption during automated closed- circuit delivery is higher than when a conventional anesthesia machine is used with a simple vaporizer-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>O fresh gas flow sequence. *BMC Anesthesiology.* 2008; 8: 4.
45. Arslan M. Kardiyak Cerrahide Volüm Kontrol *AutoFlow* Ventilasyon Modu ile Akciğer Mekanikleri, Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD, Uzmanlık Tezi, 2012.
46. Hargasser SH, Mielke LL, Entholzner EK, Kling M, Breinbauer BM, Malek-Johannigmann A. Experiences with the new inhalational agents in low-flow anesthesia and closed-circuit technique. Monitoring and technical equipment. *Appl Cardiopulm Pathophysiol.* 1995;5, 2:47-57
47. Munday IT, Ward PM, Foden ND, Jones RM, Van Pelt FN, Kenna JG. Sevoflurane degradation by soda lime in a circle breathing system. *Anaesthesia.* 1996;51(7):622-6
48. Bito H, Ikeuchi Y, Ikeda K. Effects of low-flow sevoflurane anesthesia on renal function: comparison with high-flow sevoflurane anesthesia and low-flow isoflurane anesthesia. *Anesthesiology.* 1997;86(6):1231-7.
49. Muir WW, Gadavski J. Cardiorespiratory effects of low-flow and closed circuit inhalation anesthesia, using sevoflurane delivered with an in-circuit vaporizer and concentrations of compound A. *Am J Vet Res.* 1998;59(5):603-8.
50. Baum J, Sievert B, Stanke HG, Brauer K, Sachs G. Nitrous oxide free low-flow anesthesia. *Anaesthesiol Reanim.* 2000;25(3):60-7.
51. Odin I, Feiss P. Low flow and economics of inhalational anaesthesia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2005; 19: 399-413.
52. Bach A, Böhrer H, Schmidt H, Motsch J, Martin E. Economic aspects of modern inhalation anesthetics with sevoflurane as an example. *Anaesthesist.* 1977; 46: 21-8.
53. Doolke A, Cannerfelt R, Anderson R, Jakobsson J. The effects of lowering fresh gas flow during sevoflurane anaesthesia: a clinical study in patients having elective knee arthroscopy. *Ambul Surg* 2001; 9: 95-8.

54. Höneman C, Hagemann O, Doll D. Inhalation anaesthesia with low fresh gas flow. *Indian J Anaesth.* 2013;57(4):345-50.
55. Buchinger H, Kreuer S, Paxian M, Larsen R, Wilhelm W. Desflurane and isoflurane in minimal-flow anesthesia. Consumption and costs with forced fresh gas reduction. *Anaesthesist.* 2006 Aug;55(8):854-60.
56. Gökel E, Arkan A, Karcı A, Sağıroğlu E, Ataç Ç. Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Uygulaması. *Ege Tıp Dergisi* 29(3): 599-602, 1990.

**EK1: Etik kurul onayı**

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| KARAR BİLGİLERİ | Karar No:2013/20-05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Tarih: 30.05.2013 |
|                 | Prof.Dr.Hasan HEPAGUŞLAR'ın sorumlusu olduğu "Kardiyak Anestezide Kapalı Devre ve Yarı-Kapalı Devre Kullanımı ile İzofluran Tüketimi ve Maliyeti" isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir. |                   |

|                      |                                                                                                                        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ETİK KURUL BİLGİLERİ |                                                                                                                        |
| ÇALIŞMA ESASI        | Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İy Klinik Uygulamaları Kılavuzu |
| ETİK KURUL ÜYELERİ   |                                                                                                                        |

| Unvanı/Adı/Soyadı                        | Uzmanlık Alanı                    | Kurumu                                                        | Cinsi yet | Araştırma ile ilişkili mi? |                                       | İmza                  |
|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Prof.Dr.Banu ÖNVURAL (Başkan)            | Tıbbi Biyokimya                   | DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı               | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Banu</i>           |
| Prof.Dr..Besti ÜSTÜN (Başkan Yardımcısı) | Ph.D.Psikiyatri Hemşireliği       | DEU Hemşirelik Fakültesi                                      | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Besti</i>          |
| Prof.Dr.Ş.Reyhan UÇKU                    | Halk Sağlığı                      | DEU Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D.                           | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Aus</i>            |
| Prof.Dr.Nejat SARIOSMANOĞLU              | Kalp Damar Cerrahisi              | DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı          | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>N.Ş.</i>           |
| Prof.Dr.Ece BÖBER                        | Pediyatrik Endokrinoloji          | DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı | Erkek     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Ece Bober</i>      |
| Prof.Dr.Hüseyin BASKIN                   | Mikrobiyoloji                     | DEU Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı                 | Erkek     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Hüseyin Baskin</i> |
| Prof.Dr.Vesile ÖZTÜRK                    | Nöroloji                          | DEU Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı                      | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>katılacak</i>      |
| Prof.Dr.Bilgin CÖMERT                    | İç Hastalıkları (Yoğun Bakım B.D) | DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı               | Erkek     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Bilgin</i>         |
| Prof.Dr.Mukaddes GÜNELİ                  | Tıbbi Farmakoloji                 | DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı             | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>katılacak</i>      |
| Prof.Dr.Ayşe Aydan ÖZKÜTÜK               | Mikrobiyoloji                     | DEU Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı                 | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Ayşe</i>           |
| Prof.Dr.Nihal GELECEK                    | Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon    | DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu               | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Nihal</i>          |
| Doç.Dr.İşıl TEKMEK                       | Histoloji ve Embriyoloji          | DEU Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı      | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>katılacak</i>      |
| Doç.Dr.Müge KIRAY                        | Fizyoloji                         | DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı                     | Kadın     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>Müge</i>           |
| Uzm.Dr.Ahmet Can BİLGİN                  | Hukuk                             | DEU Tıp Tarihi ve Etik A.D                                    | Erkek     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>katılacak</i>      |
| İhsan ÇELİKDEMİR                         | Sağlık mensubu olmayan üye        | 75. Yıl Özel İlköğretim Okulu Müdür Yrd.                      | Erkek     | E <input type="checkbox"/> | H <input checked="" type="checkbox"/> | <i>İhsan</i>          |

## **EK2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu**

Açık kalp ameliyatınız sırasında size yapay solunum uygulanacak ve bunun için anestezi cihazı kullanılacaktır. Anestezi cihazı yolu ile akciğerlerinize anestezi madde, oksijen ve hava içeren bir gaz karışımı, siz uyutulduktan sonra solunum yolunuza yerleştirilen bir tüp içinden geçerek uygulanacaktır.

Bu araştırmada amacımız; düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı gaz karışım oranı uygulamasının; anestezi madde, oksijen ve hava tüketimini nasıl etkilediğini belirlemektir. Yaklaşık üç yılı aşkın süredir ameliyatlarda kullandığımız anestezi cihazları, modern teknolojiye sahip son derece gelişmiş donanımları içeren ve hasta güvenliğinin en üst düzeyde sağlandığı cihazlardır. Gazları düşük ve yüksek olmak üzere farklı düzeylerde güvenli bir şekilde uygulamaktadır. Bu iki uygulama şekli yaklaşık 3 yıldır ameliyatlarda kullanılmaktadır.

Öncelikle bu araştırma, bir ilaç araştırması değildir, sadece ameliyat boyunca uygulanan gazların tüketim miktarlarının ve maliyetlerinin belirlenmesini içermektedir. Ameliyatınızın bitmesi ile birlikte, anestezi madde, oksijen ve hava tüketimini; anestezi cihazına bağlı bir monitörden bakarak saptayacağız. Tüketim ve maliyet yönünden iki farklı gaz oranı uygulanan gruplardan elde edilen verileri değerlendireceğiz.

Ameliyatınız sırasında uygulanacak anestezi yöntemi, standart uygulamayı içerecektir, rutin uygulama dışı hiç bir ek ilaç uygulanmayacaktır. Bu çalışma, öncelikle Dokuz Eylül Üniversitesi'nin ilgili Etik Kurulu'ndan izin alınarak yapılacaktır. Kullanılacak tüm anestezi ilaçları, Sağlık Bakanlığı'ndan onay almış ilaçlar olacaktır.

Bu gözlemsel çalışmaya 60 hasta gönüllü olarak alınacak ve hastalardan herhangi bir ücret talep edilmeyecektir. Yapılan işlemler sırasında gönüllünün karşılaşabileceği ameliyatın riskleri dışında herhangi bir risk, rahatsızlık ve sağlığına zarar verici bir durum mevcut değildir. Bu araştırma ile ilgili gerçekleştirilecek işlemlerin masrafları size veya güvencesi altında bulunduğunuz resmi ya da özel hiçbir kurum veya kuruluşa ödetilmeyecektir.

Bu çalışmaya katılmayı red etme ya da araştırma başladıktan sonra devam etmeme hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılmanız veya başladıktan sonra herhangi bir safhasında ayrılmanız tıbbi bakımınızı etkilemeyecektir. Araştırmacının da gönüllünün kendi rızasına bakmadan, olguyu araştırma dışı bırakabileceğini bilmelisiniz.

Bu çalışmaya katılmayı kabul ederseniz, sizden elde edeceğimiz sonuçları, isminizi kullanmaksızın bilimsel yönden değerlendirip duyuracağız. Bununla birlikte kayıtlarınız kurumun yerel etik kurul komitesine ve Sağlık Bakanlığına açık olacaktır. Bu araştırmaya katılıp katılmamakta özgürsünüz. Katılmamanız halinde tedavinizde herhangi bir olumsuz

durumun veya aksaklığın oluşması söz konusu değildir. Katılmayı kabul etmeniz halinde herhangi bir aşamada çalışmadan çıkmada özgürsünüz ve/veya katılmayı kabul etmiş olsanız bile sizi çalışmaya dahil etmeyebiliriz.

Bu uygulama ile ilgili olarak herhangi bir konuda danışmak istediğinizde; Araş. Gör. Dr. Belkis Şaşmaz'dan bilgi alabilirsiniz (mesai saatlerinde: 22843-22801, mesai dışı saatlerde 0 505 565 7580). Gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri içeren metni okudum. Bunlar hakkında yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarda söz konusu klinik araştırmaya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

**Hastanın;**

**Adı :**

**Soyadı :**

**Tarih :**

**İmza :**

**Olur Alma İşlemine Başından Sonuna Kadar Tanıklık Eden Kuruluş Görevlisinin**

**Adı :**

**Soyadı :**

**Telefon Numarası :**

**Tarih :**

**İmza :**

**Araştırmayı Yapan Araştırmacının**

**Adı :**

**Soyadı :**

**Telefon Numarası :**

**Tarih :**

**İmza**