



**T.C.**

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**TIP FAKÜLTESİ**

**ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI**

**SABİT TAZE GAZ AKIMI İLE DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİ UYGULAMASI**

**DR. ŞEYMA BAHAR**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ – 2017**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**TIP FAKÜLTESİ**  
**ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI**

**SABİT TAZE GAZ AKIMI İLE DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİ UYGULAMASI**

**DR. ŞEYMA BAHAR**  
**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**YRD. DOÇ. DR. MAHMUT ARSLAN**

**KAHRAMANMARAŞ - 2017**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen aynı zamanda anabilim dalı başkanımız olan değerli hocam Prof. Dr. Hafize Öksüz başta olmak üzere, Doç. Dr. Hüseyin Yıldız'a, Yrd. Doç. Dr. Gökçe Gişi'ye, Yrd. Doç. Dr. Gözen Öksüz'e Yrd. Doç. Dr. Bora Bilal'e, Yrd. Doç. Dr. Aykut Urfalıoğlu'na ve Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk Boran'a

tezimin her aşamasında bana yardımcı olan değerli hocam

Yrd. Doç. Dr. Mahmut Arslan'a

Biyoistatistik hocamız Yrd. Doç. Dr. Adem Doğaner'e

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum ve her konuda birbirimize destek olduğumuz değerli asistan arkadaşlarıma ve çalışma süresince verilerin toplanması konusunda yardımcı olan teknisyen arkadaşlarıma,

Her zaman beni destekleyen sevgili eşim ve sabreden oğluma, bu günlere gelmemde büyük emekleri olan, sınırsız sevgi ve destekleriyle yanımda olan sevgili anne ve babama...

Sonsuz teşekkürlerimle...

Dr. Şeyma Bahar

# SABİT TAZE GAZ AKIMI İLE DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİ UYGULAMASI

(Tıpta Uzmanlık Tezi)

Dr. Şeyma BAHAR

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

2017

## ÖZET

Düşük akımlı anestezinin maliyeti azaltmak, atmosferik kirlenmeyi azaltmak ve ısı ve nem kaybını azaltarak trakeobronşial sistemin fizyolojisini korumak gibi birçok avantajı vardır. Düşük akımlı anestezi için farklı yöntemler öne sürülmüştür, birçoğunda yüksek taze gaz akımı ile başlanıp daha sonra taze gaz akımı düşürülüp vaporizatör ayarında değişiklikler yapılır. Biz çalışmamızda, düşük akımlı anestezi uygulamasında başlangıç yüksek akım dönemi olmadan sabit taze gaz akımı kullanarak desfluran anestezisinin etkili ve basit bir yöntem olarak çok çeşitli hasta gruplarında kullanılabileceğini göstermek istedik. Sabit taze gaz akımı ile yeterli anestezi derinliğinin sürdürebileceğini BİS (Bispektral indeks) monitörizasyonu kullanarak göstermeyi amaçladık.

Çalışmamıza genel cerrahi ve plastik cerrahi kliniği tarafından genel anestezi altında 30 dakikadan uzun sürmesi beklenen cerrahi geçirecek 18 yaş üzeri ASA (Amerikan Anesteziyologlar Derneği) skoru I-III olan 104 hasta alındı. Standart monitörizasyon sonrası BİS probu takıldı, bazal değerler alındı. İntravenöz 0,03mg/kg midazolam ile premedikasyon

sonrası %100 O<sub>2</sub> ve 8 lt/dk' dan maske kullanılarak 2 dk preoksijenasyon yapıldı. Ardından 2 mcg/kg fentanyl, 1,5 mg/kg propofol ile anestezi indüksiyonunu takiben 0,6 mg/kg rokuronyum ile kas gevşemesi sağlandı. %100 O<sub>2</sub>, 8lt/dk maske ile kontrollü ventilasyon uygulandıktan sonra uygun entübasyon tüpü ile orotrakeal entübasyon yapıldı. Entübasyon sonrası taze gaz akımı 1lt/dk'ya (0.5lt/dk O<sub>2</sub>, 0.5lt/hava) düşürülüp desfluran vaporizatörü %18 'e ayarlandı. Drager-Primus anestezi cihazı ile tidal volüm 6-8 ml/kg, solunum frekansı end-tidal karbondioksit (ETCO<sub>2</sub>) normal sınırlar (35-45mmHg) arası olacak şekilde volüm AutoFlow (AF) modunda ventilasyona başlandı. İnspire edilen oksijen (FiO<sub>2</sub>) ve inhalasyon ajan konsantrasyonları, end-tidal CO<sub>2</sub> değerleri kaydedildi. Vaporizatörün açılması ile end tidal desfluran (etDES) konsantrasyonunun 0,7 MAK (Minumun Alveolar Konsantrasyon) 'a ulaşması arasında geçen süre kaydedildi. Daha sonra desfluran vaporizatörü 0,7 MAK'ı oluşturan etDES değerinin 2 birim üzerine ayarlandı. Cerrahi süresince MAK'ın 0,6-0,8 sınırlarında kalmasına izin verildi. Bu sınırlar içinde BİS değeri 60'ın üstüne çıkarsa desfluran ayarı 1 birim arttırıldı. Vaka boyunca hastalara remifentanil infüzyonu (0,01-0,3mcg/kg/dk) uygulandı.

Entübasyondan sonra 10. dk ya kadar 2 dk aralıklarla, 30. dkya kadar 5 dk aralıklarla ve 30. dk dan 60.dk kadar 15dk aralıklarla 60.dk dan vaka bitimine kadar 30 dk aralıklarla hastanın kalp atım hızı (KAH), sistolik arter basıncı (SAB), diyastolik arter basıncı (DAB), ortalama arter basıncı (OAB) periferik oksijen saturasyonu (SpO<sub>2</sub>), end-tidal CO<sub>2</sub> (etCO<sub>2</sub>), MAK ve etDES konsantrasyonu, inspiyum O<sub>2</sub> (FiO<sub>2</sub>) konsantrasyonu ve BİS değeri kaydedildi. Toplam anestezi süresi, desfluran toplam tüketimi (solunum sistemindeki) ve hastanın kullandığı desfluran miktarı kaydedildi.

End tidal desfluran konsantrasyonu 0,7 MAK'a ortalama  $2,9 \pm 0,5$  dk (maks:4,3 dk) içinde ulaştı. MAK 07 değerine ulaşıncaya kadar geçen sürede hiçbir hastada BIS değeri 60'ın üzerine çıkmadı. Operasyon boyunca BIS değerleri ortalama 35,5 ile 40,3 arasında seyretti. MAK değerleri ise ortalama 0,66 ile 0,80 arasında seyretti. Ortalama desfluran tüketimi 0,33 mL/dk olarak lld. Uzun süren cerrahilerde dahi  $FiO_2$  %30'un altına inmedi. Hastalarda desflurana bağlı sempatik stimlasyonu düşündürecek hemodinamik değişiklikler izlenmedi.

Biz alışmamızda uyguladığımız 1 L/dk sabit taze gaz akımı ile düşük akımlı desfluran anesteziyi ynteminin kolay uygulanabilir, etkili, güvenli ve ekonomik bir yöntem olduğunu düşünmekteyiz.

**Anahtar kelimeler: Düşük akımlı anestezi, sabit taze gaz akımı, desfluran, BIS (Bispektral indeks), end-tidal anestezik ajan konsantrasyonu**

# **LOW FLOW ANESTHESIA WITH FIXED FRESH GAS FLOW RATE**

**(Specialization Thesis)**

**MD Şeyma Bahar**

**KAHRAMANMARAS SUTCU IMAM UNIVERSITY**

**FACULTY OF MEDICINE**

## **ABSTRACT**

Low flow anesthesia has several benefits like cost reduction, reduction of atmospheric pollution and maintaining physiology of the tracheobronchial system by reducing heat and moisture loss. Different methods have been proposed for low-flow anesthesia, most of them starts with a high fresh gas flow, then the fresh gas flow rate is reduced and the vaporizer setting is changed. In this study, we wanted to demonstrate that desflurane anesthesia can be used in a wide variety of patient groups as an effective and simple method of using low-flow anesthesia with constant fresh-gas flow without initial high-flow period. We aimed to demonstrate that adequate anesthesia depth could be sustained with constant fresh gas flow by using BIS (Bispectral index) monitoring.

104 patients with an ASA physical status of I-III over 18 years of age scheduled for surgery expected to last more than 30 minutes under general anesthesia by the general surgery and plastic surgery clinics were enrolled in the study. After standart monitoring BIS electrode was placed and first values were recorded. After premedication with intravenous 0.03 mg / kg

of midazolam, preoxygenation was performed using 100% O<sub>2</sub> and 8 L/ min mask for 2 minutes. Anesthesia was induced with fentanyl 2 mcg/kg and propofol 1.5 mg/kg and muscle relaxation was achieved with rocuronium 0.6 mg/kg. After ventilation with 100% O<sub>2</sub> and 8 L/min fresh gaz flow with face mask, orotracheal intubation was performed with appropriate sized intubation tube. After intubation, fresh gas flow was reduced to 1L/min (0.5 L/min O<sub>2</sub> and 0.5 L/min air) and desflurane vaporizer was set to 18%. Ventilation was initiated with a Drager-Primus anesthesia machine in volume AutoFlow (AF) mode with tidal volume between 6-8 mL / kg and respiratory frequency adjusted to maintain end-tidal CO<sub>2</sub> within normal limits (35-45mmHg). Inspired and expired O<sub>2</sub> and desflurane concentrations and end-tidal CO<sub>2</sub> values were recorded. Time from opening the vaporizer until the end-tidal desflurane concentration reached 0.7 MAC was recorded. The desflurane vaporizer was then set above 2 units of the etDES value, which constituted 0.7 MAC. During surgery, MAC was maintained between at 0.6-0.8. If the BIS value in these limits was above 60, the setting was increased by 1 unit. During the course of the surgery remifentanil infusion (0.01-0.3mcg / kg / min) was administered.

After intubation heart rate, systolic and diastolic blood pressure, peripheral oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), end-tidal CO<sub>2</sub>, MAC and etDES concentrations, inspiration O<sub>2</sub> concentration and BIS values were recorded at 2 minutes intervals for 10 minutes, 5 minutes intervals until 30. minute, 15 minutes intervals from 30. minutes to 60. minutes and then at 30 minutes intervals until end of the surgery. The total duration of anesthesia, total desflurane consumption (in the respiratory system) and the amount of desflurane the patient used were recorded.

The end tidal desflurane concentration reached 0.7 MAC in a mean of 2.9±0.5 minutes (max: 4.3 min). The BIS value did not exceed 60 in any patient until MAC 0.7 was achieved.



Average BIS values during the operation ranged from 35.5 to 40.3. Average MAC values ranged from 0.66 to 0.80. The mean desflurane consumption was measured as 0.33 mL / min. Even in long surgeries, FiO<sub>2</sub> did not fall below 30%. Hemodynamic changes suggesting sympathetic stimulation due to desflurane were not observed in the patients.

We think that, low flow desflurane anesthesia method with 1 L / min fixed fresh gas flow rate we applied is an easy, effective, safe and economical method.

**Keywords:** Low flow anesthesia, fixed fresh gas flow, desflurane, BIS (Bispectral index), end tidal anesthetic agent concentration

# İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
TEŞEKKÜR	I
ÖZET	II
İNGİLİZCE ÖZET	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ	V
TABLolar DİZİNİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR	VI
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1 Solutma Sistemleri	3
2.2 Düşük Akımlı Anestezi	7
2.2.1 Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Yöntemleri	8
2.2.2 Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Uygulaması İçin Teknik Gereksinimler	11
2.2.3 Anestezi Makinelerine İlişkin Güvenlik Olanakları	13
2.2.4 Düşük Akımlı Anestezide Hasta Güvenliği Boyutu	16
2.2.5. Düşük Akımlı Anestezinin Uygulanabilirliği	23
2.2.6.Düşük Akımlı Anestezinin Avantajları	26
2.2.7. Düşük akımlı anestezi tekniklerinin kontrendikasyonları:	28
2.2.8. Düşük Akımlı Anestezi Uygulaması	29
2.3.Desfluran	32
2.4. Minimal Alveoler Konsantrasyon ( MAK )	38
2.5 Bispektral indeks	39

3. MATERYAL VE METOD	44
4. BULGULAR	48
5.TARTIŞMA	58
6.SONUÇ	68
7.KAYNAKLAR	70



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	SAYFA NO
Şekil 1: Desfluranın moleküler yapısı	32
Şekil 2 ; MAK0,7 Ulaşma Süresi İle Yaş Arasındaki İlişki	50

## RESİMLER DİZİNİ

Resim 1:BİS moniterizasyonu uygulaması	39
--	----

## TABLolar DİZİNİ

	SAYFA NO
Tablo 1: Farklı solutma sistemlerinin tipik özellikleri	5
Tablo 2: Düşük Akımlı Anestezi Teknikleri	10
Tablo 3: Anestezi Makinelerinde Güvenlik Özellikleri	11
Tablo 4: Anestezi Makinelerinde Güvenlik Olanakları	14
Tablo 5: Desfluran'ın doku çözünürlük katsayıları.	32
Tablo 6: Desfluranın farklı yaş gruplarında MAK değerleri.	32
Tablo 7: MAK değerini etkileyen faktörler	38
Tablo 8: BİS değerleri ve klinik durum	42
Tablo 9: Hastaların Demografik Özellikleri	48
Tablo 10: MAK07 et.des, MAK07S, ajan tüketim miktarı, toplam ve dakikalık hastanın kullandığı ajan miktarı, etkinlik katsayısı, Cer. Baş. MAK, Cer. Baş. BİS. değerleri	48

Tablo 11: MAK07 ulaşma süresi ile cinsiyet, yaş ve VKİ arasındaki ilişki	49
Tablo 12; Bivarite Korelasyon analizi	51
Tablo 13: VKİ grupları açısından anestezi verilerinin karşılaştırılması	52

## GRAFİK DİZİNİ

Grafik 1:Dönemlere göre kalp atım hızları	53
Grafik 2: Dönemlere göre sistolik arter basınçları (SAB) (mmHg), diyastolik arter basınçları (DAB) (mm/Hg), ortalama arter basınçları (OAB) (mmHg)	54
Grafik 3:Dönemlere göre periferik oksijen saturasyonu (SpO2) ve inspire edilen oksijen değerleri (FiO2)	55
Grafik 4:BİS ölçümlerinin takip sürelerine göre dağılımı	55
Grafik 5: Dönemlere göre MAK ölçümlerinin ortalaması	56
Grafik 6:Dönemlere göre Nazofarinks ısısı değerleri ortalaması	56

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ASA: Amerikan Anesteziyologlar Derneği

BİS: Bispektral İndeks

CO: Karbonmonoksit

COHb: Karboksihemoglobin

CO<sub>2</sub>: Karbondioksit

DAA: Düşük Akımlı Anestezi

DAB: Diyastolik Arter Basıncı

EEG: Elektroensefalogram

EKG: Elektrokardiyogram

EMG: Elektromiyogram

EtCO<sub>2</sub>: End Tidal Karbondioksit

EtO<sub>2</sub>: End Tidal Oksijen

FD: Vaporizatör set çıkışı

FDA: Amerikan Gıda ve İlaç Komitesi

Etdes: End tidal desfluran

Etaa: End tidal anestezi ajanı

Fİ: İnspire edilen fraksiyon

FiO<sub>2</sub>: İnspire Edilen Oksijen

KAH: Kalp Atım Hızı

KOH: Potasyumhidroksit

MAK: Minimum Alveol Konsantrasyonu

N<sub>2</sub>O: Azot protoksit

NaOH: Sodyumhidroksit

OAB: Ortalama Arter Basıncı

Ort ±SS: Ortalama ±Standart Sapma

SAB: Sistolik Arter Basıncı

SpO<sub>2</sub>: Periferik Oksijen Saturasyonu

TGA: Taze Gaz Akımı

## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Düşük akımlı anestezi (DAA) teknikleri ile ilgili terminoloji yeniden solutma oranına ya da taze gaz akım hızına dayandırılabilir. Yeniden solutma oranını belirleyen en önemli etmen taze gaz akım hızıdır. Taze gaz akımı hastanın dakika hacmine eşit olursa, yeniden solunan gaz oranı ihmal edilecek kadar düşük olur ve hasta neredeyse saf taze gaz solur[1]. Düşük akımlı anestezi terimi, yarı-kapalı yeniden solutmalı bir sistemle uygulanan ve yeniden solutma oranının en az % 50 olduğu inhalasyon anestezisi tekniğini tanımlamak için kullanılmaktadır. Modern anestezi cihazları kullanıldığında, bu geri soluma derecesi, sadece taze gaz akım hızı 2 L/dak'ya azaltıldığında başarılabılır[1].

Azaltılmış taze gaz akımlı anestezi uygulandığında; maliyetin düşürülmesi, çevre kirliliğinin önlenmesi gibi avantajların yanı sıra gazların nem oranları yüksek taze gaz akımı tekniklere göre daha yüksek değerlere ulaşmakta ısı kaybı minimale inmektedir. Sonuçta trakeobronşiyal ortamın fizyolojisi daha iyi korunmaktadır. Azaltılmış taze gaz akımlı anestezinin önemli bir başka avantajı da hastanın daha yakından izlenme zorunluluğu olması nedeniyle anestezi uygulamaları sırasında oluşabilecek komplikasyonların daha erken fark edilmesi ve dolayısıyla hasta yönünden anestezi güvenliğinin artmasıdır. Atık gazlar azaldığı için atmosferik kirlenme daha az olmakta, bunun sonucu olarak ameliyathane personelinin sağlık ile ilgili riskleri azalırken ekolojik dengeler korunmaktadır[2, 3].

Desfluran düşük çözünürlüğü ve geniş doz aralığında ayarlanılabilen vaporizatörü nedeniyle düşük akım anestezi tekniklerinde kullanım için ideal bir anestezik ajan olarak göze çarpmaktadır. Düşük akım uygulamalarında minimal kardiyovasküler yan etkileri ve hızlı uyanma ile klinik kullanımda avantajları olduğu gösterilmiştir. Düşük akımlı anestezi uygulamalarında taşıyıcı gaz olarak azot (N<sub>2</sub>O) kullanımının terk edilmesi, hastanın oksijen

(O<sub>2</sub>) ya da kuru hava-O<sub>2</sub> karışımı ile solutulması böylece N<sub>2</sub>O'nun istenmeyen yan etkilerinden sakınılması yönünde görüşler vardır[4]. Bu durumda analjezi gereksiniminin opioid eklenmesi ile sağlanabileceği bildirilmektedir[4].

Düşük akımlı anestezi için farklı yöntemler öne sürülmüştür, birçoğunda yüksek taze gaz akımı ve yüksek vaporizatör ayarı ile başlanıp daha sonra taze gaz akımı düşürülüp vaporizatörde değişiklikler yapılır. Başlangıç dönemi taze gaz akımı ve vaporizatör ayarına bağlıdır.

Düşük taze gaz akımlı anestezi tekniklerine karşı çekincelerin nedeni, vaporizatör set ayarı (FD) ile inspire edilen fraksiyon (F<sub>I</sub>) arasındaki uyumsuzluk, hastaları daha yakından takip etme gereksinimi, çoğu yöntemin karmaşık ayarlamalar gerektirmesi anesteziistin bu teknikleri pek bilmemesi ve bu teknikler için anestezi gazlarının dozu ve anestezi makinelerinin uygunluğu konusundaki belirsizlikten kaynaklanmaktadır.

1998 yılında yeni ortak teknik norm EN-740 “Anestezi Makineleri ve Modülleri Temel Koşullar” düzenlemesine uyulması, tüm Avrupa Birliği ülkeleri için zorunlu hale gelmiştir. Düşük taze gaz akımlı anestezi yöntemlerine olan ilgi, son yıllarda giderek artmıştır.

Biz de çalışmamızda, Düşük akımlı anestezi uygulamasında başlangıç yüksek akım dönemi olmadan sabit taze gaz akımı kullanarak desfluran anesteziinin etkili ve basit bir yöntem olarak çok çeşitli hasta gruplarında kullanılabileceğini göstermek istedik. Sabit taze gaz akımı ile yeterli anestezi derinliğinin sürdürebileceğini tamamen non invaziv bir yöntem olan Bispektral indeks (BIS) monitörizasyonu kullanarak göstermeyi amaçlıyoruz.



## 2.GENEL BİLGİLER

### 2.1 SOLUTMA SİSTEMLERİ

Solutma sistemleri, anestezi makinelerinin hastaya anestezi gaz verilmesini sağlayan teknik ögesidir. Bu sistemler aşağıda belirtilen amaçların gerçekleşmesini sağlar[4]:

- Farklı oranlarda taze ve ekspire edilen gaz içeren anestezi gazlarının bir araya getirilmesi,
- Anestezi gazlarının hastaya ulaştırılması,
- Ekspire edilen karbondioksitin uzaklaştırılması,
- Anestezi gazlarının ortam atmosferinden ayrı tutulması,
- Anestezi gazlarının ısı ve nem yönünden uygun iklim koşullarına getirilmesini sağlar[4].

#### 2.1.1.-İşlevsel Özelliklerine Göre[4];

- Açık solutma sistemleri
- Yarı-açık solutma sistemleri
- Yarı-kapalı solutma sistemleri
- Kapalı solutma sistemleri

#### 2.1.2.-Teknik Ve İşlevsel Özelliklerine Göre[4];

##### 2.1.2.1.Yeniden Solutmalı Sistemler

- To and fro absorpsiyon sistemleri
- Absorpsiyonlu halka sistemi (circle absorption)

##### 2.1.2.2.Yeniden Solutmasız Sistemler

###### 2.1.2.2.1.Akım Denetimli Yeniden Solutmasız Sistemler

- Mapleson A
- Mapleson B ve C
- Mapleson D
- Mapleson E
- Mapleson F
- Bain sistemi
- Lack sistemi
- Humphrey ADE sistem

#### 2.1.2.2.2.Valf Denetimli Yeniden Solutmasız Sistemleri

##### 2.1.2.3. Gaz rezervuarı olmayan solutma sistemleri

#### 2.1.3-Taze gaz akımına göre solutma sistemleri

##### 2.1.3.1.Yeniden solutmasız solutma sistemleri

-Akım denetimli yeniden solutmasız sistemler; Yarı-açık, yarı-kapalı sistemler.

-Valf denetimli yeniden solutmasız sistemler; Yarı-açık sistemler.

##### 2.1.3.2 Yeniden solutmalı sistemler: Yarı-açık, yarı-kapalı, kapalı sistemler[4].

#### Yeniden Solutmalı Solunum Sistemleri:

Yeniden solutma, ekshale edilen havadaki kullanılmamış anestezi gazlarının karbondioksitten arındırıldıktan ve belli bir miktarda taze gaz ile karıştırıldıktan sonra bir sonraki inspirasyonda tamamen yada kısmen hastaya geri döndüğü tekniği tanımlar. Bu sistemde karbondioksiti temizleyecek bir cihaz zorunlu ve bütünleyici bir parçadır. Ekshale edilen havadaki karbondioksitin kimyasal absorpsiyonu için alkali metal ya da toprak kaynaklı metal hidroksit granülleri ile dolu bir kap, yeniden solutmalı sistemin en belirgin teknik özelliğidir (Tablo1) [4].

Tablo1:Farklı solutma sistemlerinin tipik özellikleri[4].

	<b>Yeniden-solutmasız sistemler</b>	<b>Yeniden-solutmalı sistemler</b>
<b>Teknik yapı</b>	Basit	Karmaşık
<b>Anestezi gaz bileşiminin denetlenebilirliği</b>	Taze gaz bileşiminin değiştirilmesi hemen anestezi gaz bileşimine de yansır.	Taze gaz bileşiminin değiştirilmesi, ancak belirli bir süre sonra anestezi gaz bileşimine yansır.
<b>Anestezi gaz hakkında bilgi</b>	Anestezi gaz bileşimi, taze gaz bileşimi ile benzerdir	Taze gaz akım hızı ne kadar düşükse, anestezi gaz bileşimi ile taze gaz bileşimi arasındaki fark o kadar fazladır.
<b>Anestezi gazların iklimlendirilmesi</b>	Isıtıcı ve nemlendirici etkisi yoktur.	Taze gaz akım hızı ne kadar düşükse, anestezi gaz iklimlendirilmesi o kadar iyidir.
<b>Anestezi gaz ve buhar Tüketimi</b>	Yüksekten aşırı yükseğe kadardır.	Yeniden-solutmalı tekniğin akılcı kullanımı ile düşüktür
<b>Anestezi gaz ve buharlarla hava kirliliği</b>	Yüksekten aşırı yükseğe kadardır.	Yeniden-solutmalı tekniğin akılcı kullanımı ile düşüktür.
<b>Anestezi gaz ve buhar tüketiminden kaynaklanan maliyet</b>	Taze gaz akım hızı ne kadar yüksekse, o kadar yüksektir	Taze gaz akım hızı ne kadar düşükse, o kadar düşüktür.

#### 2.1.4.Solutma Sistemlerinin Gelişimi-Tarihsel Bakış

1727 yılında Stephen Hales (1677-1761), havanın elastisitesini bozan ve rahat solunumu olanaksız hale getiren sülfürlü buharların absorbe edilebildiği yeniden solutmalı bir halka sistemi tanımlamıştır.

John Snow (1813-1858), 1850 yılında eter ve kloroformun ekspire edilen hava ile değişmeden atıldığını fark etmiştir. Değişime uğramadan atılan gazı yeniden kullanarak, eter inhaler cihazını to-and-fro yeniden solutmalı sisteme dönüştürmüştür.

Th. Schwann'ın (1809-1885) madenciler için geliştirdiği ve 1856'da kullanıma sunduğu kurtarma cihazı, yüksek basınçlı oksijen tüpü, basınç düşürücü ve akım denetleyici

valfler ve karbondioksit absorbanlı bir halka sistemi içermektedir. Karbondioksit absorpsiyonu yapılan to-and-fro sistemini ilk klinik uygulamada kullanan Alfred Coleman'dır (1822-1902).

Dennis E. Jackson (1879-1980), 1915 yılında karbondioksit absorbanlı kapalı bir halka sistemi ile volatil anestezi, azotprotoksit ve oksijen karışımı kullanarak hayvanlarda uzun süreli anestezi uygulaması yaptığını bildirmiştir. 1924'te Ralph M. Waters (1883-1979), kapalı bir yeniden solutmalı sistem ile anestezi tekniğini tıp uygulamasına sunmuştur. Freiburg Üniversitesi'nde anestezi gaz olarak saflaştırılmış asetilen (Narcylen) kullanan kimyacı Hermann D. Wieland (1877-1957) ve jinekolog Carl J. Gauss (1875-1957), anesteziye yeniden solutmalı tekniğin Alman öncüleridir. Alman mühendis Bernhard Dräger (1870-1928) ile işbirliği yaparak, yeniden-solutmalı halka sistemi içeren ilk anestezi cihazı geliştirilmiş ve 1924 yılında klinik kullanıma sunulmuştur. Absorpsiyonlu halka sistemini anesteziye ilk kullanan 1924 yılında Gauss, Wieland ve Dräger'dir.

Yeniden solutmalı sistemin üstünlükleri; anestezi gaz tüketimi ve buna bağlı olarak maliyette önemli ölçüde tasarruf sağlanması, anestezi gaz ve buharlarından yararlanmanın artması, çalışma ortamı ve atmosfer kirlenmesinin azalması ve anestezi gazlarının ısı ve nem yönünden daha iyi iklimlendirilmesidir. Taze gaz akımı ne kadar düşük olursa, yeniden solutulan oran o kadar yüksek olur ve yeniden solutmalı sistemin üstünlüklerinden daha fazla yararlanır. Yeniden solutmalı sistemin olumsuz yanları ise; teknik olarak karbondioksit absorbanı ve tek yönlü valfler içeren sistemler gereksinimi, oksijen yetersizliği riskinin artması, karbondioksit absorbanının tükenmiş olması durumunda fark edilmeyen karbondioksit yeniden solutma olasılığında artıştır[4].

## 2.2 DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİ

Günümüzde kullanılan anestezi makinelerinin yüksek standartta sahip olması, anestezi gaz bileşimini sürekli ve ayrıntılı bir biçimde analiz eden monitörlerin varlığı ve inhalasyon anesteziğlerinin farmakodinami ve farmakokinetikleri konusunda bilgi artışı, düşük akımlı anesteziğinin güvenli şekilde uygulanabilmesini büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Düşük taze gaz akımlı tekniklere karşı tedirginlik nedenleri, anesteziğistin tekniğı bilmemesi, bu teknikler için anesteziğ gazların dozu, anesteziğ makinelerinin uygunluğu konusunda belirsizliktir. Düşük akımlı anesteziğ teknikleri ile ilgili terminoloji yeniden soluma oranına ya da taze gaz akım hızına dayandırılabilir. 4 L/dk taze gaz akımı kullanmak hemen hemen dakika ventilasyonu ile eşdeğerdur[4].

Karbondioksit absorpsiyonu yapılan ve yeniden solumayı mümkün kılan bir sistemde bu ölçüde yüksek taze gaz akımı kullanmanın nedenleri; CO<sub>2</sub> eliminasyonunun yeterliliğinden ve inspire edilen anesteziğ konsantrasyonunun doğruluğundan emin olma ihtiyacı, anesteziğ gaz ve buharların fiyatının cerrahi tedavi toplam bedeli içinde nispeten küçük yer tutması ve alışkanlık olarak sıralanabilir[5]. 4-6 L/dk taze gaz akımı kullanıldığında ekspirasyon havasının ancak % 5-20'si gerçekten geri solumaktadır[6]. Düşük akımlı anesteziğde; taze gaz akımı hastanın dakika ventilasyonundan önemli ölçüde daha düşüktür[7]. Bu nedenle; hastanın ekspirasyon havasının tekrar kullanılması mecburiyeti doğur. Düşük akımlı anesteziğ tekniğinden söz edildiğinde; yarı kapalı bir sistem ile uygulanan ve geri solumulan ekspirasyon havasının en az % 50'sinin kullanıldığı anesteziğ yöntemi anlaşılmalıdır. Sisteme ne kadar az taze gaz girişı olursa, geri solumulan gaz oranı da o kadar artmaktadır[6].

Baker akım hızları için standart tanımlamalar vermiştir[8].

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.

Foldes ve ark, 1952 yılında 1 L/dk'lık taze gaz akımını düşük akımlı anestezi olarak öneren kişilerdir[9]. Virtue, 1974 yılında, taze gaz akımının 0.5 L/dk'nın üzerine çıkılmadığı minimal akım adını verdiği bir teknik tanımlamıştır[10]. 1982 yılında Grote ve ark, beş dakikalık yüksek akımlı başlangıç döneminden sonra taze gaz akımını 1 L/dk'ya düşürmüşlerdir[11]. Düşük akımlı anestezinin uygulanım kolaylığı ve basitliği nedeni ile üstünlüğünü savunmuşlar, anestezi gaz içerisinde oksijen ve volatil ajan konsantrasyonlarını ölçen yeterli izlem cihazı varlığında özellikle kapalı sistem anestezi ile tercih edilmesini önermişlerdir. 1985 yılında Foldes ve Duncalf yeterli denitrojenasyonun sağlanabilmesi için akımı azaltmadan önce başlangıçta 10 dakika süre ile yüksek taze gaz akımını uyguladıktan sonra 1lt/dk standart taze gaz akımına düşürülmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır[12].

### **2.2.1 DÜŞÜK TAZE GAZ AKIMLI ANESTEZİ YÖNTEMLERİ**

Yeniden solutmalı sistemler seçilen taze gaz akımı bağlamında; yarı açık, yarı kapalı ya da kapalı olabilir. Yeniden solutmalı bir sistem yarı kapalı olarak kullanıldığında sisteme verilecek taze gaz akımı dakika hacminin altındaki herhangi bir değere ayarlanabilir. Ancak, taze gaz akımı hiçbir zaman hastanın alınımlı ve solutma sistemindeki kaçaklar yoluyla olan kayıplardan daha az olmamalıdır. Solutma sisteminde yeterli hacimde gaz varlığının sürdürülebilmesi için en azından kaybolan gaz miktarı yerine konmalıdır. Taze gaz akımı

azaltıldıkça sistemden atılan gaz miktarı da o denli azalmakta ve yeniden solutma oranı yükselmektedir. Yeniden solutmalı bir sistem hastanın dakika hacmine eşit miktarda taze gaz akımı ile kullanılırsa yeniden-solutulan gaz oranı ihmal edilebilecek kadar az olur. Gerçekte hastanın ekspire ettiği gazın tümü gaz fazlası atılım valfinden dışarı atılır ve hasta neredeyse saf taze gaz solur. Taze gaz akımı 4 L/dk olarak kullanıldığında yeniden solutma oranı %20'ye çıkar. Hastanın inspire ettiği gaz karışımı hala taze gaz akımına benzer içeriktedir(Tablo 2)[4].

Akım 2 L/dk ya da altına düşürüldüğünde ise yeniden solutma oranı %50'ye ya da daha üzerine çıkar. Bu durumda yeniden solutma oranı yalnızca düşük taze gaz akımları kullanıldığı zaman önemli düzeylere ulaşmaktadır. Düşük akımlı anestezi teknikleri ile ilgili terminoloji yeniden solutma oranına ya da taze gaz akımına dayandırılabilir. Yeniden solutma oranını belirleyen en önemli etmen ise taze gaz akım hızıdır. Klinik açıdan bakıldığında bu tanımlamalar halen düşük akımlı, minimal akımlı ve kapalı sistemle anesteziye oluşan 3 gruba ayrılabilir[4].

“Kapalı Sistemle Anestezi” fazla gaz kullanımından kaçınılması, solutma sistemine verilen taze gaz miktarının yalnızca hastaya özgü alınımı karşılayacak kadar olması ve ekshale edilen gazın tamamının karbondioksit absorpsiyonundan sonra yeniden kullanılması şeklinde tanımlanmaktadır. Böylece kapalı sistemle anesteziye akım hastaya özgü toplam gaz alınımı miktarına kadar düşürülür. Eğer taze gaz akımı miktar olarak toplam alınımı karşılıyorsa buna “Kapalı Sistemle Kantitatif Olmayan Anestezi” denir. Ancak anestezinin seyri boyunca yalnızca solutma sisteminde dolaşan gaz hacmi değil aynı zamanda gaz bileşimi de sabit tutulabiliyorsa, o zaman “Kapalı Sistemle kantitatif Anestezi” tanımı kullanılır[13-20].

**Tablo 2 : Düşük Akımlı Anestezi Teknikleri (Taşıyıcı Gaz: O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O)[4]**

<b>Düşük akımlı anestezi</b> Taze gaz akımı Taze gaz bileşimi Yeniden-solutma Gaz fazlası Anestezi gaz bileşimi Teknik sınıflandırma	Sabit, 1 L/dk %50 O <sub>2</sub> , %50 N <sub>2</sub> O Kısmen Var Anestezi süresince değişir Yarı-kapalı sistemle uygulanan anestezi tekniği
<b>Minimal akımlı anestezi</b> Taze gaz akımı Taze gaz bileşimi Yeniden-solutma Gaz fazlası Anestezi gaz bileşimi Teknik sınıflandırma	Sabit, 0,5 L/dk %60 O <sub>2</sub> , %40 N <sub>2</sub> O Yüksek oranda Minimal Anestezi süresince değişir Yarı-kapalı sistemle uygulanan anestezi tekniği
<b>Kapalı sistemle kantitatif olmayan anestezi</b> Taze gaz akımı Taze gaz bileşimi Yeniden-solutma Gaz fazlası Anestezi gaz bileşimi Teknik sınıflandırma	Alınım ve kaçaklardan kayba göre aralıklı değiştirilir Solutma devresindeki O <sub>2</sub> konsantrasyonuna göre aralıklı değiştirilir CO <sub>2</sub> absorpsiyonundan sonra ekshale edilen gazın tamamı Yok Anestezi süresince değişir Kapalı sistemle uygulanan anestezi tekniği
<b>Kapalı sistemle kantitatif anestezi</b> Taze gaz akımı Taze gaz bileşimi Yeniden-solutma Gaz fazlası Anestezi gaz bileşimi Teknik sınıflandırma	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O ve anestezi ajan alınımına göre sürekli değiştirilir Anestezi gaz bileşenlerinin alınımına göre sürekli değiştirilir CO <sub>2</sub> absorpsiyonundan sonra ekshale edilen gazın tamamı Yok Önceden ayarlanan değerlere göre anestezi süresince sabit Kapalı sistemle uygulanan anestezi tekniği



## 2.2.2 DÜŞÜK TAZE GAZ AKIMLI ANESTEZİ UYGULAMASI İÇİN TEKNİK GEREKSİNİMLER

Ulusal standartları birbiriyle uyumlu hale getirmek amacıyla 13 Haziran 1998'den itibaren Avrupa Birliği (AB) ülkelerindeki tüm üretici firma ve anestezi uzmanları bağlayan “Anestezi Makineleri ve Modülleri-Temel Gereksinimler” başlıklı ortak Avrupa standardı EN-740 yürürlüğe girmiştir (Tablo 3) [24]. Anestezi makineleri de AB standartları ile uyumlu olmayı kabul eden bütün tıbbi ürünler gibi ruhsatlandırılmakta ve tüm AB ülkelerinde herhangi bir kısıtlama olmaksızın satılabileceğini gösteren bir “CE” etiketi ile işaretlenmektedir[4].

**Tablo 3: Anestezi Makinelerinde Güvenlik Özellikleri (Avrupa Ortak Standardı EN-740 Koşullarına Göre)[24]**

- Enerji yetersizlik alarmı
- Oksijen desteği yetersizlik alarmı
- Azotprotoksit akımı durdurucusu
- Oksijen *bypass*
- Oksijen oranı denetleyicisi
- Tek bir vaporezör çalışmasını güvenceye alan cihaz
- İnspire edilen oksijen konsantrasyonu izlemi
- Havayolu basınç izlemi (bağlantı ayrılması ve tıkanıklık alarmı ile birlikte)
- Ekspire edilen gaz hacminin izlemi
- Solutulan karbondioksit konsantrasyonunun izlemi
- Volatil anestezi konsantrasyonunun izlemi

Anestezi uzmanları düşük akımlı anestezi tekniklerini uygulamaya başlamadan önce kullanacakları anestezi makinesinin üretici firma tarafından bildirilmiş olan özelliklerinde bu tekniklere yer verilip verilmediğine bakmalıdır. Ayrıca anestezi makinesine ait teknik özelliklerin düşük akımlı anestezinin güvenli bir şekilde uygulanabilmesi için teknik ön koşulları karşılayıp karşılamadığının da denetlenmesi gerekir[21-23].

### **2.2.2.1. Tıbbi Gaz Sağlayıcı Sistemler**

Özel bir teknik gereksinim yoktur. Anestezi makinesinin gaz çıkış sisteminde azotprotoksit akımını otomatik olarak kesebilme ve oksijen yetersizliği için sesli alarm özelliği bulunmalıdır. Bu iki özellik EN-740'a göre zorunludur[24].

### **2.2.2.2 Gaz Akımı Denetim Sistemleri**

Anestezi makinelerinin çoğunda gaz akımı ince iğne valflerle ayarlanır ve konvansiyonel akımölçer tüplerle ölçülür. Duyarlı kalibre edilmiş akımölçer tüplere gereksinim vardır. Gaz akımı ayarları 50-100 mL/dk'dan başlamalı ve 50 mL/dk ya da 100 mL/dk'lık artışlarla derecelendirilmiş olmalıdır. Hipoksi önleyici cihazlar ve ORC (Oksijen Ratio Controller) bulunması önemlidir[25].

### **2.2.2.3 Vaporizatörler**

Düşük akımlı anestezi uygulaması için kesin bir doğrulukla çalışan yüksek basınç vaporizatörleri gerekir. Bu vaporizatörler, çok düşük taze gaz akımlarında bile ayarlanmış olan konsantrasyonu güvenli bir şekilde sağlamalıdır. Her zaman kullanımdan önce dolu olmasına özen gösterilmelidir[4].

### **2.2.2.4. Gaz Kaçağı Olmaması**

İyi bir bakım yapılmak koşuluyla anestezi makinelerinin neredeyse hepsi 1L/dk kadar düşük taze gaz akımıyla anestezi uygulamasına elverişlidir. Solutma sistemleri kaçak yönünden üretici firma önerilerine uygun şekilde test edilmelidir. Ortak Avrupa Standardı EN-740 gereğince, bütün absorpsiyonlu halka sistemlerindeki kaçak testinin sonucu 3kPa (=30cmH<sub>2</sub>O) basınçta 150 mL/dk'nın altında olmalıdır[4].

### **2.2.2.5 .Karbondioksit Absorbanları**

1L sodalaymın absorpsiyon kapasitesi en az 120 L karbondioksittir.1L sodalaymdan yararlanma süresi yaklaşık 5 saat olarak hesaplanır. Ancak klinikte gaz akımı 0.5 L/dk 'ya düşürülürse bile 10-15 saat yararlanılmıştır[4].

### **2.2.2.6. Anestezi Ventilatörleri**

Düşük akımlı anestezi; yarı-kapalı yeniden solutmalı sistemlerle, ancak daha büyük oranda gaz fazlası hacmi kullanılarak, düzenli bakım yapılan her makineyle, hatta daha eski ve konvansiyonel teknik tasarıma sahip makinelerle bile uygulanabilir. Düşük akımlı anestezi teknikleri uygulanırken; inspire edilen oksijen konsantrasyonu, havayolu basıncı, ve dakika hacminin sürekli ölçülmesi bunlara ilişkin alarm sınırlarının bulunması zorunludur. Anestezi ventilatörleri gaz rezervuarlı olmalı ve taze gaz akımını kompanse etme özelliği bulunmalıdır. Taze gaz akımı kompensasyonu yapılmayan anestezi ventilatörlerinde, hastaya verilen gaz hacmi taze gaz akımına bağımlıdır. Taze gaz akımındaki herhangi bir değişiklik dakika hacmini önemli düzeyde etkileyecektir[4].

### **2.2.3 ANESTEZİ MAKİNELERİNE İLİŞKİN GÜVENLİK OLANAKLARI**

Hasta ve anestezi makinesi arasındaki ara yüzde gözlenebilecek olan değişiklikler temel olarak taze gaz bileşimi ve hastanın alınımı tarafından belirlenir. Yüksek akımda solutma sistemi içindeki gaz bileşimi taze gaz bileşiminden kolayca tahmin edilirken düşük taze gaz akımlarında bu zorlaşır[26, 27]. Hastanın ve makinenin performansının sürekli izlenmesi taze gaz akımı seçiminden bağımsız bir zorunluluktur. Bu koşul teknik düzenlemelerde, bilimsel ve profesyonel kuruluşların önerilerinde ve konuya ilişkin eğitimsel yayınların hepsinde ortaya konmuştur [28, 29]. Zorunlu izlem kapsamındaki diğer konular;

elektrokardiogramın sürekli izlenmesi, dolaşımın düzenli aralıklarla denetlenmesi, hava yolu basıncının ve ekspire edilen tidal hacmin ya da dakika hacminin ölçülmesidir(Tablo 4)[28].

**Tablo 4: Anestezi Makinelerinde Güvenlik Olanakları[4]**

<b>Güvenlik olanakları</b>					
Oksijen eksikliği sinyali	A	B		D	
Azotprotoksit akım kesicisi	A	B		D	
Oksijen oranı denetleyicisi		B		D	
<b>Araç-gereç işlevinin izlemi</b>					
Havayolu basıncı (bağlantı ayrılması ve tıkanıklık alarmıyla birlikte)	A	B		D	E
Ekspire edilen gaz hacmi	A	B	C	D	E
İnspire edilen oksijen konsantrasyonu	A	B	C	D	E
Volatil anestezi konsantrasyonu		B	C	D	E
Karbondioksit konsantrasyonu	A	B	C	D	E
<b>Fizyolojik değişkenlerin izlemi</b>					
Stetoskop			C	D	
EKG	A		C	D	
Kan basıncı ölçümü	A		C	D	
Isı ölçümü	A		C	D	
Puls oksimetre	A		C	D	

A: Uluslararası tanınmış uzman kuruluşların yaptığı öneriler [30].

B: Ortak Avrupa Teknik Standardı EN-740[24].

C: Whitcher ve ark.'nın standart izlem konusundaki önerileri[31].

D: Alman Anestezi ve Yoğun Bakım Tıbbi Derneği (DGAI) ve Alman Anestezistleri Profesyonel Organizasyonu (BDA) kılavuzları [30].

E: 1 L/dk ya da daha az taze gaz akımı ile güvenli anestezi uygulaması için izlem konusunda özel öneriler[32].

AB ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)' ndeki düzenlemelere göre inspire edilen oksijen konsantrasyonunun sürekli izlenmesi zorunludur. Yeni Avrupa Ortak Standardı olan EN 740'ta anestezi ajan konsantrasyonunun izlenmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Bunlara ek olarak ekspire edilen karbondioksit konsantrasyonunun da izlenmesi gerekir. Modern anestezi makinelerinde bu işlevler vardır. Bu bağlamda gaz bileşiminin kapsamlı biçimde izlenmesi en azından AB ülkelerinde anestezi makinelerinin zorunlu bir güvenlik standardı haline getirilmiştir [28, 33, 34].

Düşük akımlı anestezi sırasında taze gaz akımı düşürüldükçe, taze gazın oksijen konsantrasyonu ile solutma sistemi içindeki oksijen konsantrasyonu arasında daha büyük bir farklılık oluşacağı dikkate alınmalıdır. Ayrıca yeniden solutma oranının artmasıyla inspire edilen oksijen konsantrasyonunun yüksek akımlı anesteziye göre çok daha büyük ölçüde hastaya özgü oksijen alınımı tarafından belirlendiği de akılda tutulmalıdır. Düşük taze gaz akımlarıyla anestezi uygulamasında hasta güvenliğini kesin şekilde sağlamak için solutma sistemindeki oksijen konsantrasyonunun sürekli izlenme zorunluluğu bu nedenlerden kaynaklanır[35].

Taze gaz akımı düşürüldükçe, taze gaz ve solutma sistemi içindeki anestezi konsantrasyonlarına ilişkin fark da artar. Aşırı derecede düşük taze gaz akımları kullanılırken, akım miktarı ve taze gazın anestezi konsantrasyonu zaman zaman değiştirilir. Bu nedenle solutma sistemi içindeki anestezi konsantrasyonunu kesin bir şekilde tahmin etmek deneyimli anestezi uzmanları için bile neredeyse olanaksız olur. Ayrıca taze gaz akımı değişiklikleri kazayla yanlış doz verilme riskine neden olmaktadır; bu olayın yeterince erken dönemde saptanabilmesi, yalnızca anestezi ajan konsantrasyonunun solutma sisteminden sürekli ölçülmesi ve izlenmesi ile olasıdır[32, 36]. Anestezi ajan konsantrasyonunun solutma sistemi içinden sürekli ölçümü özellikle düşük akımlı anestezinin güvenli ve akılcı biçimde uygulanmasını kolaylaştırır[36].

Azotprotoksit konsantrasyonunun sürekli izlenmesine gerek olup olmadığı konusu tartışmalıdır. İnspire edilen oksijen konsantrasyonunun izlenmesi ile azotprotoksit aşırı dozunun da önleildiği açıktır. Diğer yandan düşük akımlı anestezide gözlenebilen ve büyük ölçüde nitrojenden oluşan yabancı gaz birikimi ancak diğer gazlarla birlikte azotprotoksit konsantrasyonu da ölçülebilirse değerlendirilebilir[36, 37]. Gerek kapnografi, gerekse kapnometre hasta ve anestezi makinesi hakkında önemli bilgiler sağlayarak güvenliği oldukça artırır.[38, 39] Karbondioksit absorpsiyonu için birer litrelik çift kanister ya da tek büyük kanister kullanılır ve her iş gününden sonra sodalaym düzenli olarak değiştirilirse, düşük akımlı anestezinin güvenle uygulanabilmesi için absorban işlevinin karbondioksit ölçümü ile sürekli izlenme zorunluluğu yoktur [27, 40]. Kapnometre ve anestezi gaz bileşiminin sürekli analizi, hem hastanın fiziksel durumunu hem de anestezi makinesinin işlevlerini kapsamlı bir şekilde izleme olanağı verir ve neredeyse bütün olası komplikasyonlar bu izleme yeterince erken dönemde saptanabilir[27].

## **2.2.4 DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİDE HASTA GÜVENLİĞİ BOYUTU**

### **2.2.4.1. Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Tekniklerine Özgü Riskler**

**2.2.4.1.1.Hipoksi:** Eski anestezi makinelerinde akım denetim sistemleri düşük akıma uygun doz aralıklarına sahip olmayabilir; bu durumun, düşük akımlı anestezi uygulamasına ilişkin önkoşullar bakımından ideal değildir. Eski anestezi makinelerinde ince iğne valflerin performansı iyi olmadığı için akım miktarlarının doğrulukla ayarlanamaması, inspire edilen oksijen konsantrasyonunda beklenmedik değişikliklere ve hipoksiye neden olabilir. Ulusal ve uluslararası standartların çoğundaki koşullara göre inhalasyon anestezi uygulamasında oksijen konsantrasyonunun sürekli izlemi zorunludur. Alt alarm sınırı doğru ayarlandığında düşük akımlı anesteziye özgü risk yoktur[4].

**2.2.4.1.2. Hipoventilasyon ve solutma yönteminde değişiklikler:** Kaçaklar nedeniyle önemli düzeyde kayıp olursa, solutma sistemi içindeki gaz hacmi eksilir, solutulan dakika hacmi azalır ve solutma yönteminde değişikliğe neden olur. Bu sebeple düşük akımlı anestezi uygulanacaksa önce anestezi makinesi, solutma sistemi ve ventilatöre yönelik kaçak testi yapılmalıdır. Avrupa ortak standardında kaçağa bağlı gaz kaybı için izin verilen en yüksek miktar 3kPa (30 cmH<sub>2</sub>O ) basınçta 150 mL/ dk' dır. Taze gaz akımını kompanse etme özelliği olmayan konvansiyonel anestezi makinelerinde tidal hacmin taze gaz hacmiyle bağlantılı olması önemli bir kusurdur. Kaçaklardan olan gaz kaybı, düşük taze akımları kullanıldığında sistem içinde dolanan gaz hacmini daha da azaltır; buna bağlı hipoventilasyona ve değişken basınçlı solutmaya yol açabilir. Havayolu basınçlarının izlenmesi zorunlu olduğundan erken tespit edilebilir. Bağlantı ayrılma alarmı tepe basınç değerinin 5 mbar altına ayarlanması gerekir, böylece gaz hacmi eksikliğine bağlı bir hipoventilasyonun ortaya çıkması alarmı başlatacaktır. Düşük taze gaz akımları ile kullanmak için anestezi gaz rezervuarı bulunan anestezi makineleri çok daha uygundur ve rezervuar yeterince dolu olmalıdır. Kaçağa bağlı gaz kayıplarından kaynaklanan tüm sorunlar anestezi makinelerinin uygun şekilde bakımı, hazırlanması ve kullanımı ile en aza indirilebilir[4].

**2.2.4.1.3. Solutma sistemi içinde karbondioksit birikimi:** Düşük taze gaz akımlı anestezi uygulamasında karbondioksitin etkili biçimde temizlenmesi çok önemlidir. Çünkü, yeniden solutulan hacim büyük olduğu için absorbanın tükenmesiyle solutma sistemi içinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu yükselir. CO<sub>2</sub> izleme olanağı varsa, sodalaym bütünüyle tükenene kadar kullanılmalı ve haftada bir değiştirilmelidir. CO<sub>2</sub> ölçüm olanağı olmayan anestezi makinelerinde çift kanister ya da tek büyük kanister kullanılmalıdır. Sodalaym rutin olarak daha kısa aralıklarla, en azından tükenme başlangıcını gösteren renk değişikliği oldukça değiştirilmelidir[40].

**2.2.4.1.4.Kazayla havayolu basıncı artışı:** Gaz rezervuarı olmayan ve körüğün ekspiratuvar dolusu etkin şekilde desteklenen eski tip anestezi ventilatörlerinde gaz sızdırmazlığını arttırabilmek için taze gaz akımı düşürüleceği zaman PEEP uygulaması önerilmiştir. Makinenin çalışmasına ilişkin sorunlar, tıkanıklık ve bağlantı ayrılması alarmları uygun şekilde ayarlanırsa kısa sürede saptabilir. Barotravmayı önlemek için bir başka güvenlik özelliği de solutma sistemi içinde ayarlanan pozitif basınç değerine ulaşıldığı zaman otomatik olarak açılan APL-valfidir aynı zamanda hava yolu basıncını sınırlar.

**2.2.4.1.5.Kazayla volatil anestezi aşırı dozu:** Devre-dışı yüksek basınç vaporizatörlerinde, yanlış bir ayarlama yapılsa bile düşük akımlı anestezi sırasında hızla aşırı doz durumunun ortaya çıkması olanaksızdır. Bu vaporizatörün doz çıkışı ve taze gaz akımı arasındaki bağlantıyla ve farklı güvenlik düzenlemelerine bağlı olarak vaporizatörün doz çıkışının sınırlı olmasıyla açıklanabilir. Düşük akımlı anestezi, solutma sisteminin ajan konsantrasyonu uzun zaman sabitesine bağlı olarak çok yavaş değişir. Kaza ile yanlış bir doz ayarlanması durumunda volatil ajan konsantrasyonundaki değişiklikler hastanın dikkatli izlenmesi ile erken fark edilir. Solutma sistemi içindeki anestezi konsantrasyonunun çok hızlı değişebildiği ve tehlikeli düzeye ulaşabildiği yüksek taze gaz akımlı anestezi ile kıyaslandığında, düşük taze gaz akımlı anestezi daha güvenlidir. Bu sebeple düşük akımdan yüksek akıma geri dönüldüğünde vaporizatör ayarı yüksek akıma göre ayarlanmalıdır. Solutma sistemi içindeki anestezi gaz konsantrasyonu sürekli izlenemiyorsa, 1 L/dk'dan daha düşük akımlarla anestezi uygulanmamalıdır. Ortak Avrupa Standardı EN 740 kapsamında inhalasyon anesteziği konsantrasyonunun sürekli izlenmesi zorunludur[4].



## **2.2.4.2. Doğrudan Düşük Taze Gaz Akımına Bağlı Riskler**

**2.2.4.2.1.Uzun zaman sabitesi:** Düşük akımlı anestezi sırasında gerektiği zaman gaz bileşiminde hızlı bir değişiklik yapılamadığı için uzun zaman sabitesi özel bir risk taşımaz. İstendiği zaman düşük akımdan yüksek akıma geçilebilir ve hedeflenen gaz bileşimi kısa zaman sabitesi ile kolayca sağlanabilir. Anestezi derinliğinin hızla artırılması için yardımcı ilaçların intravenöz enjeksiyonu da kullanılabilir. Diğer yandan, anestezinin hızla yüzeyleştirilmesi ise yalnızca taze gaz akımı artırılarak sağlanabilir. Düşük taze gaz akımı sürdürülürken sistemdeki volatil anestezi konsantrasyonunun hızla düşürülebilmesi, odun kömürü tozu (charcoal) filtresi bulunan anestezi makinelerinde mümkündür[41, 42].

### **2.2.4.2.2.Yabancı gaz birikimi:**

**2.2.4.2.2.1.Nitrojen;** Normal vücut ağırlığındaki hastada vücutta depolanmış durumda ve akciğerlerde bulunan toplam nitrojen miktarı 2,7 litredir. Yüksek taze gaz akımı ile 15-20 dakika süren denitrojenasyon yapılırsa, bu sürede tüm kompartımanlardan yaklaşık 2 litre hacminde nitrojen atılımı sağlanır. Kalan 0,7 litre daha az kanlanan dokulardan yavaş olarak salınan miktardır. Solutma sistemi içerisinde arzu edilmeyen nitrojen konsantrasyonuna ulaşıldığında 2-5 dk yüksek taze gaz akımı ile yıkama yapılarak nitrojen atılımı sağlanabilir. Anestezi sırasında sistem içindeki nitrojen birikimi yalnızca kitle spektrometresi ya da çoklu gaz analizörü ile saptanabilir. Hipoksi olasılığı kesin olarak dışlanabildiğine göre nitrojen birikiminin hasta için herhangi bir risk oluşturmadığını vurgulamak gerekir[43].

**2.2.4.2.2.2.Aseton;** Serbest yağ asitlerinin oksidatif metabolizması ile oluşur. Açlık, dekompanse diabetes mellitus ve anti-insulin hormonlarının arttığı durumlarda aseton

oluşumu artar. Sudaki ve yağdaki yüksek çözünürlüğü nedeni ile yüksek akım ile yıkama yapılarak aseton konsantrasyonu düşürülemez. Kapalı sistemle anestezide aseton konsantrasyonundaki artış, preoperatif aseton değerine ve anestezi uygulamasının süresine bağlıdır [4]. 50 mg/L 'den daha yüksek bir aseton derlenme süresini uzattığı ve postoperatif kusma artışından sorumlu olduğu söylenmektedir. Güvenlik sebebi ile dekompanze diabetes mellitusu olan, kan aseton düzeyi yüksek olan hastalarda 1 L/dk'dan daha düşük taze gaz akımı kullanılmaması önerilir. Yağ asidi metabolizmasını ve aseton oluşumunu azaltmanın fizyolojik yolu, düşük konsantrasyonda glukoz içeren serumlar vermektir[44].

**2.2.4.2.2.3.Etanol;** Etanolün gaz-su çözünürlük katsayısı 1200'dür. Kapalı sistem içinde asetona benzer olarak birikir. Alkollü bir hastaya acil bir girişim yapılması gerektiğinde, etanolün ekzalasyon ile atılması kapalı sistem anestezide mümkün değildir. Yeterli yıkama etkisi sağlayabilmek için taze gaz akımının 1L/dk altına düşürülmemesi gerekir[44].

**2.2.4.2.2.4.Karbonmonoksit(CO);** Olağan koşullarda oluşan CO hacmi çok küçüktür. Aşırı sigara içenlerde, hemoliz, anemi, porfiriya, özellikle sigara içen verici kaynaklı kan transfüzyonu durumlarında klinik olarak anlamlı değerlere ulaşabilir. CO'in hemoglobine ilgisi yüksektir. Yüksek taze gaz akımı ile kısa süreli ve aralıklı yıkamalar yalnızca gaz içeren mesafelerdeki (akciğerler ve solutma sistemi) CO'ı temizleyeceğinden yetersiz kalacaktır. Akım düşürüldüğünde, parsiyel basınç farkını dengelemek için CO konsantrasyonu en kısa sürede belli bir düzeye ulaşacaktır. NaOH ve KOH içermeyen absorban kullanımı CO oluşum tehlikesini azaltmak için etkili bir önlemdir. Karbondioksit absorbanı yeterli miktarda nem içerirse, aşırı derecede düşük taze gaz akımı ve desfluran kullanıldığında bile kazayla karbonmonoksit zehirlenmesi riskinde kesinlikle bir artış olmaz[45].

**2.2.4.2.2.5.Argon;** Oksijen yoğunlaştırıcıları, moleklsek elekler kullanılarak bir absorbsiyon işlemi ile oda havasındaki nitrojeni ayırır. ıkış kısmında, solutmaya uygun nitelik kazanan oksijenden zenginleştirilmiş gazın en yüksek oksijen oranı yaklaşık % 95 olur ve kalan kısım büyük ölçüde argon gazından oluşur. Argon gazı birikimi anesteziik gaz izlemine etkilemez ve tıbbi açıdan zararsızdır. Her 90 dk'da bir aralıklı yüksek akımlı kısa süreli yıkama yapılırsa, argon gazı birikimi engellenebilir[46].

**2.2.4.2.2.6.Metan;** Barsaklarda yıkım işlemleri ile oluşan fizyolojik barsak gazıdır.. Kapalı sistemle anestezi sırasında anesteziik gaz içinde metan birikebilir. Metan, toksik olmayan yabancı gazdır ve tek önemi oksijen yada azotprotoksit ile karıştığı zaman patlayıcı olabilmesidir. Bu düzeyde metan konsantrasyonlarına uzun süreli kapalı sistemle anesteziide bile ulaşılamaz[4].

**2.2.4.2.2.7.Hidrojen;** Kapalı sistemle anestezi sırasında akciğerler yolu ile 0,6 ml/dk hacimde atılan hidrojen de anesteziik gaz içinde birikebilir. Hidrojen konsantrasyonu saatte ortalama 200 ppm yükselir. Ancak oksijen ve azotprotoksit içinde patlama yapabilecek hidrojen konsantrasyonlarına kapalı sistemlerle uzun süreli anesteziide bile ulaşılamaz[47].

**2.2.4.2.2.8.Haloalkenler;** Bazı volatil anesteziikler, CO<sub>2</sub> absorbanları ile kimyasal etkileşime girerek düşük akımlı anestezi sırasında solutma sistemi içinde volatil haloalkenleri oluşturur. Sevofluran, CO<sub>2</sub> absorbanları ile etkileşerek Compound A-E adını alan yıkım ürünlerini meydana getirir. Compound A, klinik olarak anlamlı konsantrasyonlara ulaşır. Baralaym kullanımında ve KOH içeren absorbanlarla oluşumu artmaktadır[48].

### **2.2.4.3. Düşük Taze Gaz Akımlı Tekniklerin Güvenliğe Katkıları**

#### **2.2.4.3.1. Araç Gerece Daha İyi Bakılması Ve Korunması**

Teknik bakılar yapılırken, özellikle araç-gerecin düşük akım miktarında test edilmesi üzerine odaklanmak ve en azından üretici firmanın belirttiği teknik koşulları sağladığından emin olmak gerekir[4].

#### **2.2.4.3.2. Uzun Zaman Sabitesi**

Doğrudan akımın düşürülmesinden kaynaklanan özel bir güvenlik unsurudur. Bu ani hipoksi ve volatil ajan yanlış dozunu önler[49].

#### **2.2.4.3.3. İnhalasyon Anestezisinin Kuram Ve Uygulamasına İlişkin Bilgilerin Daha İyi Kavranması**

Anestezi sırasında hastanın maruz kaldığı risk, büyük ölçüde anesteziistin seçilen anestezi yöntemi ile ilgili deneyimine ve tekniğe özgü olası komplikasyonlar konusundaki bilgisine bağlıdır. Anestezi ile ilgili istenmeyen olayların yalnızca %4-11'inin kesin olarak araç gereçteki işlev bozukluğundan kaynaklandığı [38, 50-52], %70-80'inin ise insan kaynaklı yanlışlığa bağlanması gerektiği gösterilmiştir. Komplikasyonlar genellikle araç gerecin bakım ve test edilme yetersizliği, makine ve anestezi yöntemi konusunda bilgi eksikliği ve ayarların yanlış yapılması ile orantılıdır [51, 53, 54].

#### **2.2.4.4 Anestezi Uygulamasına Yönelik Sonuçlar**

Aşırı derecede düşük taze gaz akımları ile anestezi uygulanırsa, solutma sistemi içinde yabancı gazlar birikebilir. Bu gazlar;

-Aseton, karbonmonooksit, metan ve hidrojen gibi vücut içinde oluşabilir.

-Etonol, karbonmonooksit ve nitrojen gibi vücut tarafından absorbe edilen, dokularda depolanan ve akciğerler yoluyla atılan gazlar olabilir.

-Argon, haloalkenler, karbonmonooksit ve nitrojen gibi sistem içinde oluşan ya da solutma sistemine taze gaz ya da gaz örneği ile birlikte taşınan kontamine edici gazlar olabilir.

Nitrojen, metan ve hidrojen gibi çözünürlüğü çok düşük olan gazlar, gerektiğinde kısa süreli yüksek taze gaz akımı ile yıkama yapılarak sistemden temizlenebilir. Ancak aseton, alkol ve karbonmonooksit gibi suda ve yağda kolayca çözünebilen ya da dokulara ilgisi yüksek olan gazlar, kısa süreli yüksek taze gaz akımı ile temizlenemez. Solutma sistemi içinde yabancı gaz birikiminden düşük akımlı anestezi ile kaçınılabılır; çünkü 1 L/dk akım hızında sürekli olarak uygun bir yıkama etkisi oluşmakta ve gaz fazlası ile birlikte eser gazların uzaklaştırılması da kesin bir biçimde sağlanmaktadır. Eser gaz konusu yüksek akımlı anesteziden kaynaklanan gereksiz tüketim ve kirliliği haklı çıkaramaz[55].

## **2.2.5. DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİNİN UYGULANABİLİRLİLİĞİ**

Düşük akımlı anestezinin güvenli bir şekilde uygulanabilmesi için tidal volümün taze gaz akımından bağımsız olduğu, sistem direnci düşük anestezi cihazları kullanılmalıdır. Rutin bakım yapılmak koşulu ile anestezi makinelerinin neredeyse hepsi 1 L/dk'ya kadar düşük bir taze gaz akımıyla anestezi uygulamasına elverişlidir. Kaçak miktarının izin verilen sınırın üstünde olmadığından emin olmak için solutma sistemleri kaçak yönünden üretici firmanın önerilerine uygun şekilde test edilmelidir. Ortak Avrupa Standardı EN 740 gereğince, bütün absorpsiyonlu halka sistemlerindeki kaçak testinin sonucu 3 kPa (30 cmH<sub>2</sub>O) basınçta 150 ml/dk sınırının altında olmalıdır[4].

Primus anestezi makinesi, piyasaya sunulan Dräger makineleri içinde taze gaz akımının elektronik olarak denetlendiği bir üründür. Makine açıldığında otomatik olarak çok basamaklı bir test işlemi başlar. Elektronik denetimli gaz akım sistemi, minimal akımlı anestezi için gerekli olan 0.5 L/dk'ya kadar duyarlı bir şekilde çalışır. Taşıyıcı gazın bileşimi (hava–oksijen, azotprotoksit-oksijen), toplam taze gaz akımı ve oksijen konsantrasyonu ayarlanır. Taze gaz akımının 0.2 L/dk'dan daha düşük bir değere ayarlanması olanaksızdır. En düşük oksijen akımının 200 mL/dk ve taze gazdaki oksijen konsantrasyonunun da %21 ile sınırlandırılmış olması, düşük akımlı tekniklerin uygulanması sırasında solutma sistemi içinde azotprotoksit konsantrasyonu çok düştüğü zaman gaz bileşiminin azotprotoksit lehine ayarlanabilmesini engeller. Sonuç olarak; Primus anestezi makinesi, düşük ve minimal akımlı anestezinin kolay ve güvenli bir şekilde uygulanabilmesi için elverişlidir[4].

## **2.2.6.DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİNİN AVANTAJLARI**

Düşük akımlı anestezinin uygulanması gittikçe artmaktadır. Avantajları;

**2.2.6.1.Atmosferin kirliliğinde azalma:** Solunum devrelerinde kaçak olmamasına çok dikkat edilmesi ve atık sistemlerinin kullanılmasına rağmen yüksek akımlı anestezi ile çalışanlar, volatil anesteziye maruz kalmaktadırlar. Oluşan bu atmosfer kirliliği, çalışan ameliyathane personelinde spontan abortus, konjenital anomali, karaciğer, böbrek hastalıkları ve kanser insidansını arttırmaktadır. Atık gaz sistemleri sayesinde ameliyathane atmosferinin kontaminasyonu azalmaktadır. Atık gaz sisteminin olmadığı durumlarda, düşük akımlı anestezinin kullanılması anestezi gazlarına maruz kalmanın azaltılmasının en kolay yoludur. Düşük akımlı anestezinin kullanımı, atık gaz sistemlerinden atmosfere atılan inhalasyon ajan konsantrasyonunun azalmasına da neden olur. Troposfer içindeki azotprotoksit

konsantrasyonu her yıl % 0,25 artmaktadır. Bu gaz, sera etkisi olarak da bilinen özelliği ile atmosferin ısınma sürecine katkıda bulunur. Azotprotoksit molekülleri stabildir. 150 yıl varlıklarını sürdürürler. Stratosfere çıkabilirler ve nitrik oksitleri oluşturarak ozon tabakasının tahribine katkıda bulunurlar. Günümüzde, modern ve ileri teknolojiye sahip yeniden solutmalı sistemlerin akılcı kullanımı ile anestezi gazlarının çevre kirliliğindeki payı büyük ölçüde azaltılabilir[4].

**2.2.6.2-Maliyette azalma:** Yeni kullanıma giren anestezi ajanlar düşük çözünürlükte dirler. Bu sebeple alınan anestezi buhar miktarı azalır. Anestezi potansiyelleri düşüktür. Solunum sisteminde fazla parsiyel basınç oluşturmak için, fazla miktarda anestezi buhar verilmelidir. Bu sebeple yüksek taze gaz akımı ile bu yeni ajanlar uygulanırsa fazla miktarda kullanılır. Fazlası ekshalasyon valfinden atılacaktır. Maliyetlerinin yüksekliği nedeni ile bu ajanların tüketimini azaltan, düşük akımlı anestezi uygulanması avantajlı olması nedeni ile tercih edilebilir[56]. Düşük akımlı anestezi de, anestezi gaz tüketimindeki azalma doğal olarak maliyeti azaltır. Rutin klinik uygulamada düşük akımlı tekniklerin yerleşmesine yönelik uygun eğitimsel çabalarla inhalasyon ajanlarının tüketimini % 65 oranında azaltmak mümkündür. Düşük taze gaz akımı ile iki saatlik anestezi uygulaması sırasında desfluran kullanılacak olursa, anestezi ajan tüketimindeki azalma belirgin olacaktır. İnspiratuvar desfluran konsantrasyonu %6 volüm iken 4,4 L/dk yüksek akımda 161 L desfluran buharı tüketilir. Minimal akımda 33 L'ye düşer.

### **2.2.6.3. Anestezi Gaz İkliminde İyileşme**

Nemlenmiş ve ısınmış olan ekshalasyon edilen gazın yeniden-solutulma oranının artırılması ve skbaynı zamanda soğuk ve kuru taze gaz oranının düşürülmesi ile anestezi gaz iklimi klinik bakımdan önemli düzeyde iyileştirilebilir [57, 58]. Anestezi gazlarının uygun

şekilde nemlendirilmesi ve ısıtılmasının, silialı epitelin işlevi ve mukosilier temizlik üzerindeki önemi, inandırıcı biçimde kanıtlanmıştır. Üç saat kuru gazlarla solutma solunum yolu epitelinde önemli düzeyde morfolojik hasara neden olur. İnspire edilen anestezi gazının ısı ve neminin yetersiz olması, sekresyonları kurutur, mukus retansiyonuna yol açar ve bronşiollerde kısmi tıkanıklık yaparak mikroateletazi gelişimini kolaylaştırır[59].

Bilgi ve ark operasyon sonrası ortalama sakkarin transit zamanı değerlerindeki uzamanın yüksek akım grubunda düşük akım grubundan daha fazla olduğunu bulmuşlar ve bu sonuç düşük akımlı anestezi uygulamasının uygun gaz iklimi sağlayarak yüksek akıma göre mukosilier klirensi daha iyi koruyabileceğini göstermişler. Aynı çalışmada DAA ile akciğer fonksiyonlarının daha az bozulduğunu tespit etmişler[60].

Trakeobronşial iklimdeki iyileşme solunum yolu ile olan sıvı ve ısı kaybının azaltılması bakımından da yarar sağlar. Anestezi solutma sırasında inspire edilen gazın mutlak nemliliğinin 17 ve 35 mgH<sub>2</sub>O/L, ısısının da 28 ve 32 °C arasında olması tercih edilmelidir. Düşük akımlı anestezi sırasında ölçülen ısı değerleri, yüksek taze gaz akımı ile ölçülenlere göre bütün zamanlarda kesin olarak daha yüksektir [59].

Düşük taze gaz akımı kullanılan yeniden solutmalı bir sistemle anestezi uygulandığında nemlilik oranı yüksek taze gaz akımlarına göre önemli düzeyde daha yüksek olur [59, 61, 62]. İnspire edilen gazların nemliliği temel olarak akımdan etkilenirken; ısı, iletkenliğe bağlı ısı kaybından, yani hortum sisteminin fiziksel özelliklerinden etkilenir[4]. Anestezi gazlarının ikliminde iyileşme, soğuk ve kuru gazın epitel tarafından ısıtılıp nemlendirilmesi sırasında ortaya çıkan solunum yolu ile ısı ve nem kaybını azaltır. Bu etki genel olarak gözlenmekte olan vücut ısısındaki azalmayı hafifletir [63-65]. Anestezi altındaki



çıplak bir hastada solunum yolu ile ısı kaybının 15kcal/kg olduğunu ve bu miktarın, 150kcal/kg olan toplam enerji kaybının yalnızca %10'unu oluşturduğunu anımsamak gerekir. Anestezi altındaki hasta örtülerle ya da özel battaniyelerle iyi korunarak net ısı kaybı 30kcal/kg'a düşürülebilirse de, ısı kayıplarının %50'si taze gaz akımı değişikliğinden kesinlikle etkilenmez[4].

#### **2.2.6.4 Hasta İzlem Olanaklarında Ve Makinenin İşlevlerine Yönelik Bilgide Artma**

**Anestezi eğitime katkısı:** Düşük akımlı anestezi tekniklerinin kuramsal temeli ve klinik özellikleri bağlamında inhalasyon anestezisine ilişkin bilgilerin daha iyi kavranması gereklidir. Eğitimin erken döneminde bu teknikle ilk deneyimler kazanılırken, hem hastanın hem de makinenin daha dikkatli gözlenmesi gerekir. Dikkatli inceleme ile hastaya yönelik riskler azalmaktadır. Baum'un görüşüyle, anestezi uzmanları düşük akım teknikleriyle çalışırken hem hasta, hem de anestezi makinesi hakkında daha pek çok bilgi edinmektedir. Anestezi ile ilgili istenmeyen olayların % 4-11'i araç ve gereçteki işlem bozukluğundan kaynaklanır. % 70-80'i insan kaynaklı yanlışlıklara bağlıdır. Komplikasyonlar genellikle araç-gerecin bakımı, test edilme yetersizliği, makine ve anestezi yönetimi konusunda bilgi ve deneyim eksikliği ve ayarların yanlış yapılması ile orantılıdır. İnhalasyon anestezisi sırasındaki teknik ve fizyolojik süreçlerin daha iyi anlaşılması, hasta güvenliğine önemli katkı sağlar[51]. Hasta izlem ve makine işlevleri konusundaki bilgide artma; düşük taze gaz akımları ile anestezi uygulaması ve kapalı sistemle anestezinin benimsenmesi, anestezi uzmanının hem hastayı, hem de anestezi makinesini daha iyi anlamasını sağlar. Eldeki teknik araç-gereç kapalı sistemle kantitatif anestezi uygulamasına izin veriyorsa; oksijen tüketimi, volatil anesteziğin alınımları ve CO<sub>2</sub> üretimi kesin bir doğrulukla saptanabilir ve sürekli olarak izlenebilir. Böylece, hastanın metabolizma, solunum ve dolaşımı daha iyi değerlendirilir[4].

## 2.2.7. DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİ TEKNİKLERİNİN KONTRENDİKASYONLARI:

### 2.2.7.1. Göreceli kontrendikasyonlar[4]:

10-15 dakikadan daha kısa süren inhalasyon anesteziinde taze gaz akımının düşürülmesi uygun değildir. Bunun nedeni:

- Yetersiz denitrojenasyon,
- Yetersiz anestezi derinliği,
- Gaz hacmi eksikliği azotprotoksit kullanıldığında risklidir.

Kullanılan araç ve gerecin teknik ön koşulları karşılamıyorsa, taze gaz akımını düşürmek zordur.

Teknik ön koşulların sağlanamadığı durumlarda oluşabilecek göreceli kontrendikasyonlar:

- Solutma sistemi ya da ventilatörün gaz sızdırmazlığının yeterli olmaması,
- Gaz akım ayarlarının düşük akım aralıklarından duyarlı yapılamaması,
- Yüz maskesi ile anestezi uygulaması,
- Rijid bronkoskopi işlemi,
- Kafsız endotrakeal tüp kullanımı (tüp kenarından çok kaçak olması durumunda),
- Yeniden solutmasız sistemlerin kullanımı,
- Akut bronkospazmlı hastalarda, gaz rezervuarı bulunmayan ve körüğün ekspiratuvar dolumu ek bir güçle desteklenmeyen anestezi makinelerinin kullanımı.

Olası tehlikeli eser gaz birikimi riskinde bir artış varsa, sürekli yıkama etkisini güvence altına almak için taze gaz akımı en az 1L /dk olmalıdır.

Aşırı derecede düşük taze gaz akımı (minimal akımlı ya da kapalı sistemle anestezi) kullanımının kontrendike olduğu durumlar:

- Dekompanse diabetes mellitus,

- Uzun süreli açlık durumu,
- Kronik alkoliklerde anestezi uygulaması,
- Akut alkol zehirlenmesi olan hastalarda anestezi uygulaması,
- Bölgesel kanlanması ileri derecede azalmış ve yoğun transfüzyon yapılan aşırı sigara içicisi hastalar,
- Kalsiyumhidroksitlime veya uygun anestezi cihazı kullanılmayan 3 saati aşan

sevofluran kullanımınıdır.

#### **2.2.7.2. Mutlak kontrendikasyonlar[4]:**

Zehirli gazların sistemden sürekli uzaklaştırılması gereken veya hastaya özgü gaz alınımının aşırı derecede yüksek olması beklenen;

- Duman veya gaz zehirlenmesi,
- Malign hipertermi,
- Septisemi varlığında kesin kontraendikedir.

Yeniden solutmalı tekniklerin araç-gerecin hasta güvenliğine yönelik temel gereksinimleri karşılamadığı durumlarda;

- Sodalaym tükenmesi,
- Oksijen monitörü yetersizliği,
- Anestezik ajan monitörü yetersizliğinde kontrendikedir [4].

#### **2.2.8. DÜŞÜK AKIMLI ANESTEZİ UYGULAMASI**

Düşük akımlı anestezi, başlangıçta komplike olmayan girişimlerde ve yandaş hastalığı bulunmayan sorunsuz hastalarda uygulanmalıdır. Hasta ve anestezi cihazı dikkatle gözlenerek bu teknik ile ilgili ilk deneyimler kazanılmalıdır[6].

Standart bir anestezi için gerekli ancak akım güvenliği açısından özel olmayan monitörizasyon teknikleri şunlardır;

- EKG,
- Kan basıncı,
- Puls oksimetri,
- Kapnograf,
- Vücut ısısı.

Taze gaz akımının azaltılması ile oluşabilecek özel komplikasyonların erkenden fark edilmesi anestezi gaz kompozisyonu ve ventilasyon parametrelerinin monitörizasyonu ile mümkündür[4].

#### **Güvenli düşük akımlı anestezi uygulaması için gerekli monitörizasyon;**

- Hava yolu basıncı,
- Dakika volümü,
- İrısire edilen O<sub>2</sub> konsantrasyonu,
- 1 L/dk'nın altındaki akımlarda, solunan gazdaki anestezi ajan konsantrasyonu.
- 

Düşük akımlı anestezinin başlangıcında, sistemde kaçak varsa veya hasta verileden daha fazla tüketiyorsa sistemdeki gaz azalır. Bu da ventilasyon parametrelerinde değişikliklere sebep olur. Plato ve pik basınçta düşmeler, dakika volümünde azalma gibi değişiklikler gözlenir[4]. Solutma devresinin yeterli miktarda gazla dolu olmasının izlenmesi zorunludur. Alarm sınırları istenilen değerlerin biraz altında tutulmalıdır[6].

Taze gaz akımı içindeki O<sub>2</sub> konsantrasyonu ile sistemdeki O<sub>2</sub> konsantrasyonu arasındaki fark, düşük akımlı anestezinin süresi uzadıkça artar. Yüksek akımın tersine, düşük

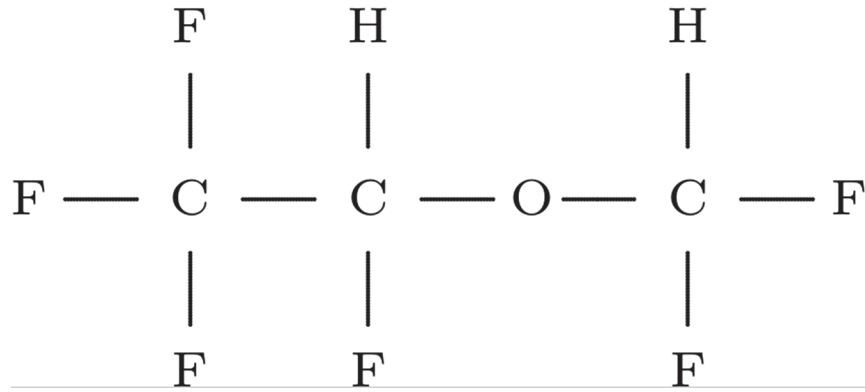
akımda O<sub>2</sub> konsantrasyonu anestezi süresince değişir ve hastanın O<sub>2</sub> tüketiminden oldukça etkilenir. Anestezi altındaki bir hastada O<sub>2</sub> tüketimi yaklaşık 175-275 mL/dk'dır. Fakat kardiyak output' daki değişiklikler ile artabilir veya azalabilir[66].

Düşük akımlı anestezide, taze gaz akımındaki O<sub>2</sub> konsantrasyonu en az % 50, minimal akımlı anestezide ise en az %60 olmalıdır.[6] İnspire edilen O<sub>2</sub> konsantrasyonu, sürekli izlenmesi gereken bir parametredir. Alt alarm sınırının % 28-30'a ayarlanmasıyla O<sub>2</sub> konsantrasyonunun düşüklüğü erken fark edilir[6]. O<sub>2</sub> konsantrasyonu gibi anestezi ajan konsantrasyonu da zamanla değişikliklere uğrar[67].

Düşük akımlı anestezi sırasında inspire ve ekspire edilen gazlar karıştığı için inspire edilen gaz konsantrasyonlarının vaporizatör ayarları ile doğrudan ilişkisi yoktur.[68] Bu nedenle, anestezi ajan monitörü olmaksızın anestezi derinliğinin ayarlanması zordur. Taze gaz akımı 1 L/dk'nın altında ise solutma sistemindeki anestezi ajan konsantrasyonunun takibi zorunludur[6]. Düşük akımlı anestezi uygulamasında, CO<sub>2</sub> absorbanlarının yükü daha fazladır. Akım 0,5 L/dk'ya düştüğünde absorbanın tüketimi 4 kat artmaktadır[6]. Her gün değiştirilen absorbanlar veya jumbo absorbanlar ile çalışılmıyorsa, inspiratuar ve ekspiratuar CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun takibi zorunludur [67].

### 2.3.DESFLURAN

Formülü: C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>F<sub>6</sub>O, 1,2,2,2-tetrafloroetil diflorometil eter yapısındadır.



Şekil 1: Desfluranın moleküler yapısı Molekül ağırlığı: 168.038 g/mol

Vaporizatör basıncı(mmHg): 24°C'de 798 mmHg, 26 °C'de 869 mmHg.

Tablo 5: Desfluran'ın doku çözünürlük katsayıları.

Kan / Gaz	0,42±0,02
Beyin / Gaz	1,3 ± 0,1
Kalp / Kan	1,3 ± 0,2
Karaciğer/Kan	1,3 ± 0,2
Böbrek / Kan	1,0 ± 0,1
Kas / Kan	2,0 ± 0,6
Yağ / Kan	27 ± 3

Tablo 6: Desfluranın farklı yaş gruplarında MAK değerleri

YAŞ	% 100 O <sub>2</sub> içinde	% 60N <sub>2</sub> O-% 40 O <sub>2</sub>
2.5 aylık	% 9,41±0,36	-
8.5 aylık	% 9,96±0,67	% 7,15±0,82
2	% 9,05±0,61	-
3	-	% 6,35±0,41
7	% 8,05±0,55	-
25	% 7,25±0,00	% 4,00±0,29
45	% 6,00±0,29	% 2,83±0,58
70	% 5,17±0,58	% 1,67±0,38

Desfluran, düşük kan-gaz eriyebilirlik katsayısına (0.42) sahip olmasının yanında sodalaym stabilitesi ve minimal biyodegradasyon gibi fizikokimyasal özellikleri ile popüler inhalasyon ajanlarından birisidir. Desfluran ile anestezi başlangıcı ve anestezi den derlenme hızlıdır[69].

Desfluran, diğer inhalasyon anesteziklerinin aksine buhar basıncı çok yüksek olduğundan 1 atmosfer basınçta, oda sıcaklığında (22.8°C) kaynar. Bu özelliğinden dolayı kullanımı için özel bir vaporizatöre ihtiyaç duyar. Florinasyon moleküler stabiliteyi artırır, güçlü asit ve bazlarla degradasyona dayanıklılık sağlar. Taze sodalaymda (nem oranı %15) artan sıcaklıklarda dahi stabil olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Kuru sodalaymda karbonmonoksit (CO) oluşumuna sebep olabilir. Yaş azaldıkça, MAK artar. Yapılan çalışmalarda remifentanil kullanımı ile MAK değerinin azaldığı gösterilmiştir. Anestezi süresi etkilenmezken, vücut sıcaklığının 10°C azalması ile MAK %50 azalmaktadır[69].

### **2.3.1.İndüksiyon ve uyanma:**

Desfluranın, kan/gaz partiyon katsayısının düşük olması (0.42) indüksiyon ve uyanma dönemlerinde alveoler konsantrasyonun hızla artıp azalmasında rol oynayacaktır. Alveoler konsantrasyonun (FA), inspirasyon konsantrasyonuna oranı (Fİ) kısa zamanda 1.0 değerine ulaşır[70].

### **2.3.2.Dolaşım sistemine etkileri:**

Doza bağımlı miyokardı deprese eder. Ancak ventrikül kompliyansını değiştirmeyerek izovolemik relaksasyonu uzatır, kalbin doluş gücü etkilenmez. Ventriküler aritmiye predispozan değildir, epinefrinin aritmojenik etkisine kalbi duyarlı kılmaz. Koroner çalma

sendromuna neden olmaz. Oksijenle kullanıldığında arter kan basıncını ve atım volüm indeksini doza bağımlı olarak azaltır. Sistemik vasküler rezistans azalır ve kalp atım hızı artar[70]. Kalp hızı düşük konsantrasyonlar da artış göstermezken 1 MAK civarında daha derin anestezide giderek artar, kalp debisi doza bağımlı azalır. Plazma katekolamin seviyesinin artışı ile indüksiyonda yaşa bağılı geçici taşikardi ve hipertansiyon olur[71].

### **2.3.3.Solunum sistemine etkileri:**

Desfluran, doza bağımlı tidal volümde azalma buna bağılı solunum frekansında artmaya neden olur. Solunum frekansının artışı, alveoler dakika ventilasyonunu azaltır[72]. Ölü boşluk ventilasyonunun tidal ventilasyona oranı artar. Alveoler ventilasyon azalmasına bağılı PaCO<sub>2</sub> artar. Desfluran, CO<sub>2</sub> arter basıncının artmasına solunum merkezinin cevabını baskılar. Bunun sonucu, ventilasyon cevabında azalma olur, intrapulmoner şant oranı artar. Erişkin indüksiyonunda desfluranın %6 konsantrasyonunun iritasyon olmadığı daha yüksek volümde iritasyon olabileceği bazı çalışmalarda gösterilmiştir[73].

### **2.3.4.Merkezi sinir sistemine etkileri:**

Anestezi başlangıcının ve derlenmenin hızlı olması beyin cerrahisi vakalarında erken nörolojik değerlendirmeye olanak sağlar[74]. Desfluranın intrakraniyal basınç, serebral kan akımı (SKA) ve CO<sub>2</sub> reaktivitesi üzerine etkileri izoflurana benzemektedir[75, 76]. Desfluran, doza bağımlı olarak serebral vasküler rezistansı azaltır[77]. Desfluran, izoflurana benzer olarak EEG'de burst supresyonuna neden olmaktadır[78].

### **2.3.5.Nöromusküler etkileri:**

Nöromusküler blokerlerin etkilerini potansiyalize eder[78].



### **2.3.6.Hepatik etkileri:**

Splenik ve renal kan akımını artırır. Derin anestezide portal kan akımının azalmasına bağlı hepatik kan akımı azalır. Diğer ilaçların karaciğer klirensini etkileyebilir. Düşük düzeyde metabolize olması nedeniyle hepatotoksik özelliği en az olan inhalasyon anestezisidir[79].

### **2.3.7.Renal etkileri:**

Düşük düzeyde metabolize olduğundan böbrekte hasar yapması beklenmez. Kreatinin klirensi ve idrar konsantrasyon yeteneği üzerine etkisi yoktur. Desfluran anestezisi sonrası idrar N-Asetil- $\beta$ -D-Glukozaminidaz ve retinol bağlayıcı protein düzeyleri artmaz. Serum üre ve kreatinin değerlerinde bir değişiklik gözlenmez. Böbrek nakli uygulanan hastalarda, desfluran anestezisi sırasında ve sonrasında takip edilen böbrek fonksiyonlarında önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda desfluran kullanımı sonrası oluşan biyokimyasal değişiklikler diğer inhalasyon anesteziyelerinden farklı değildir[69, 79].

### **2.3.8.Desfluran anestezisi ile karbonmonoksit oluşumu:**

CO<sub>2</sub> absorbanları geri solutmalı anestezi sistemlerinde inhalasyon ajanının tüketimini azaltmak amacıyla 1925'den beri kullanılmaktadır. İnhalasyon ajanlarının bazıları CO<sub>2</sub> absorbanları ile etkileşerek karbonmonoksit (CO) oluşturmaktadır. CO artışından sorumlu tutulan ajanlar sırası ile en çok desfluran>izofluran> enfluran olarak bildirilmektedir. CO oluşumundan yapılarındaki diflorometiletil (-CF<sub>2</sub>) grubu suçlanmıştır[80]. Baryum hidroksit tercih edilmesi, yüksek taze gaz akımlı anestezi uygulaması, kanister ısısının yüksek olması, kuru absorban kullanılması düşük hemoglobin seviyesi CO üretiminden sorumlu tutulmuştur[81-84].

Karbonmonoksit, iki mekanizma ile etki gösterir;

- Hemoglobinin oksijen taşıyan bölgelerine oksijenden 230 kat daha fazla duyarlıdır.

Oksihemoglobin disosiasyon eğrisini sola kaydırır. Dokulara oksijen sunumu azalır.

- Sitokrom oksidazı engelleyerek serbest radikal üretiminin ve enerji metabolizmasının bozulmasına yol açar. Fang ve ark., [85] absorbanın kazayla kurumasını önlemek için taze gaz akımının 2-3 lt/dk'dan daha yüksek kullanılmaması yönünde görüş bildirmişlerdir. Absorban içeriğindeki nemin korunması, düşük akımlı anestezi tekniklerine özgü bir üstünlüktür. Absorbanın kısmen nemlendirilmesi CO oluşumunu önemli düzeyde azaltır. Sodalayımın su içeriği %4,8'den ve baralayımın %9,5'tan fazla olursa karbonmonoksit (CO) oluşumu tam olarak durmaktadır.

Murray ve ark. [86] ağırlıklı kalsiyum hidroksit, küçük miktarlarda kalsiyum klorid ve kalsiyum sülfat içeren, kurduğunda bile CO'e parçalanmayan kalsiyumhidrositlayımı bulmuşlardır. CO zehirlenmesinde; çilek kırmızısı görünüm, şiddetli baş ağrısı, bulantı, kusma, senkop, koma ve konvülziyon gözlenir. Genel anestezi altında oksijen saturasyonunda düşme, absorbandaki ani renk değişikliği, gaz analizatöründeki karışık ajan alarmı ile CO artışı akla gelerek kan karboksi hemoglobin düzeyi tayini ile tanı desteklenebilir. [87] Karışık ajan alarmı CO oluşumu sonucunda meydana gelen triflorometana bağlıdır. İnfrared ışığı absorbe ederek yanlış alarm vermesine neden olacaktır. CO zehirlenmesinin, tek tedavisi basınçlı oksijen verilmesidir. Hemoglobindeki CO oksijen ile yer değiştirecek, eliminasyon yarı ömrü 320 dakikadan % 100 oksijen altında 80 dakikaya düşecektir[87].

### **2.3.9.Düşük Akımlı Anesteziye Desflurane Kullanımı**

Yeni inhalasyon ajanlarından olan desfluranın düşük çözünürlüğü nedeniyle hasta tarafından alınımının düşük oluşu, induksiyon ve derlenme hızı olmasını sağlar[88].

Desfluran başlangıçta sistemi öyle hızlı doldurur ki, indüksiyondan 10dk sonra inspire edilen desfluran konsantrasyonu taze gaz konsantrasyonunun yaklaşık %85' ine ulaşır. Yeterli anestezi derinliği sağlamak için solutma sistemi ve alveol alanı içinde göreceli yüksek parsiyel basınç oluşturulması ve sürdürülmesi gerekir. Bu ajanla yüksek akım anestezi uygulanırsa, ekshale edilen hava ile atmosfere bol miktarda anestezi verilir. Küçük bir miktar hasta tarafından alınır. Sistem içine verilmek zorunda kalınan yüksek ajan konsantrasyonu, gerekli alveoler konsantrasyonu yeniden oluşturabilmek içindir[88].

Anestezi ajanının gücü ne kadar düşük ise boşa giden miktar o kadar fazladır. Düşük akımlı anestezi ile atılan miktar ciddi biçimde azalır. Anestezi ajanlarının tüketiminden önemli ölçüde tasarruf sağlanır. Desfluranın hasta tarafından düşük miktarda alınması, anestezi taze gaz konsantrasyonunun daha erken azaltılmasına olanak tanır. Desfluranın anestezi gücü düşük olduğu için bu ajana özel vaporizatörün en yüksek çıkış ayarı %18 volümdür. Vaporizatör en yüksek çıkışa ayarlanırsa, 0,5 L/dk gibi çok düşük bir akımda bile dakikada 110 ml desfluran buharı verilecektir. Hasta tarafından alınımında göreceli olarak az olması nedeniyle, taze gaz akımı düşük bir hızda sürdürülmesine karşın desfluran konsantrasyonu oldukça kısa bir sürede yükselebilir. Konsantrasyon istenen değerin iki katına ayarlanırsa, minimal akımlı anestezide bile anestezi derinliği hızla artırılabilir. Desfluranın bu geniş aralıkta vaporizatör ile kullanımı, düşük akımlı anestezinin bu zaman sabitini kısaltmaktadır[89]. Desfluran tam kuru soda laym ile daha fazla etkileşir ve karbonmonoksit oluşturur. Ancak Baum ve ark. çalışmasında absorbanın kuruması önlenerek tek bir olguda dahi kazara karboksihemoglobin artışı olmamıştır[4]. Desfluran düşük çözünürlüğü ve geniş bir doz aralığında ayarlanabilen vaporizatörü nedeniyle düşük akımlı anestezi tekniklerinde kullanım için özellikle uygundur[4].

## 2.4. MİNİMAL ALVEOLER KONSANTRASYON ( MAK )

Bir MAK; insan ya da deney hayvanlarının yarısında bir atmosfer basınç altında cerrahi uyarana cevapsızlık oluşturan alveoler anestezi madde yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır. Anestezi maddenin alınması, dağılımı ve eliminasyonunu etkileyerek kan düzeyini değiştirebilecek etkenler, MAK değerini etkileyebilirler. MAK'ı etkileyen birçok faktör vardır ( Tablo 7 ) [90, 91].

Tablo 7: MAK değerini etkileyen faktörler

MAK'ı Azaltanlar	MAK'ı Arttıranlar
İleri yaş Hipotermi Alkol ( Akut ) Hipoksi Hipotansiyon Anemi <b>İlaçlar:</b> Hipnotikler Verapamil Sedatifler Metil dopa Narkotikler Lokal anestezipler Kas gevşeticiler	Genç yaş Hipotermi Alkol ( Kronik ) Tirotoksikoz Hipernatremi Gebelik <b>İlaçlar:</b> Efedrin Amfetamin Antikolinesterazlar Kokain Naloksan İproniazid

İstemsiz intraoperatif farkındalık (awareness), tecrübe edenlerin %70'inde post-travmatik stres bozukluğuna sebep olan, ameliyat sırasında duyuşsal algıların hissedilmesi ve açıkça hatırlanması olarak tanımlanır[92, 93]. İntraoperatif farkındalık açısından yüksek riskli hastalarda, farkındalık insidansı yaklaşık %1'dir [94-96]. Bazı intraoperatif farkındalık olguları önlenemez tıbbi hatalar olarak tanımlanan yetersiz anestezi ilaç dozunun sonucu olarak ortaya çıkabilir [97, 98]. Genel anestezi sırasında çoğunlukla güçlü bir inhaler anestezi ajan da dahil edilir ve ekshaler anestezi konsantrasyonu rutin olarak ölçülür [99]. End-tidal anestezi ajan konsantrasyonu (E<sub>ta</sub>) yaklaşık 0.33 MAK olduğunda, olguların

%50'si sesli komutlara uygun şekilde cevap veremez ve cerrahi sırasında Et<sub>a</sub> 0.7 MAK'ın üstünde olması sağlanarak farkındalık insidansı düşürülür [100, 101]. Genel olarak, volatil ajan konsantrasyonunun en az 0,5 MAK olması sağlandığında farkındalığın meydana gelmeyeceğine inanılır[100].

## 2.5. BİSPEKTRAL İNDEKS

BİS 1985 Yılından beri ASPECT TIBBİ SİSTEMLERİ tarafından geliştirilen kompleks, özel bir EEG parametresidir[102, 103]. BİS; EEG sinyalinin bileşenleri arasında akut faz etkileşmesinin derecesini sayısallaştıran bir yorum yöntemidir [104]. Alın ve temporal bölgeye yerleştirilen elektrodu dışında cilt altı iğne elektrotları ile de çalışıp EEG sinyallerini algılar[105]. Bu EEG parametresinin ticari olarak elde edilebilir şeklini, beyindeki anesteziğin göstergesi olarak 1996'da 'Food and Drug Administration'(FDA) tarafından onaylanmış olup bu endikasyon için onay almış olan tek cihazdır. Bu oluşum; EEG verilerinin alınması, parazitlerin uzaklaştırılması ve spektral hesapların yapılmasını içerir. BİS indeksi, zaman alanı, frekans alanı ve klinik verilerden türetilen üst düzey spektral alt parametrelerin bileşiminden oluşan kompleks bir indeks[106].



Resim 1: BİS moniterizasyonu uygulaması

### BİS'in Teorik Zemini

Hipnotiklerin çoğunun benzer EEG etkilerine sahip olduğu görülmüştür. Genel anestezi ortalama EEG frekansında bir azalma ve ortalama güçte bir artma ile bağlantılıdır.

Bu bilgi matematiksel olarak kompleks EEG dalga formundan elde edilebilir ve buna ‘‘güç spektrum’’ denir. Güç spektrumunu anestezi etkilerinin ölçülmesi amacıyla kullanmak için birçok deneme yapılmıştır. Bütün güç spektrumu genellikle tek bir sayıya indirgenmektedir. Bu da ortalama EEG frekansındaki azalmayı izlemek için kullanılmaktadır. Güç spektrum, median frekans, relatif delta güç ve spektral kenar frekansı gibi bileşenlerden oluşur[107]. Kısaca, EEG sinyalinin tanımlanan periyodu olan güç spektral analiz (Fourier analizi), bir frekans fonksiyonu olarak faz açıları ve amplitüdlerinin histogramı olan frekans spektrumunu üretir.

Geleneksel güç spektral analizi, sadece frekans ve güç tahminlerini kullanılır, faz bilgisi ihmal edilir. BİS analiz ise, Fourier analizine göre üst düzeyde bir yaklaşımdır. BİS analiz, Fourier transformunun farklı frekansları arasındaki faz ilişkisini karakterize eder (faz eşleşmesi). Faz ilişkileri beyindeki bağımsız EEG ‘‘pacemaker’’ larının sayısıyla bağlantılıdır. Faz ilişkilerinin anlamı açık değildir. BİS bu faz ilişkilerini sayısal olarak verir. BİS analiz, sinüs dalga bileşenleri arasındaki ilişkileri veya eşleşmeleri inceleyen bir analiz metodudur. Spesifik olarak BİS, EEG’deki senkronizasyon düzeyini sayısal olarak verir. Farklı anestezi madde verilen 2000’den fazla hastadan, EEG kaydı ve klinik kayıtlar yıllar boyunca toplanıp, bu verilerden geliştirilen veri tabanı, öğrenme ve test etmede kullanılan indeksi geliştirmek ve değerlendirmek için kullanılmıştır. Kaydedilmiş ve birleştirilmiş EEG segmentinden ibaret gelişmiş veri tabanı, klinik olarak hipnotik durum veya sedasyon düzeyini oluşturmuştur. EEG segmentleri, değerlendirme için aday BİS veya güç spektral EEG özellikleri setinin sayılmasında kullanılmıştır[102].

Farklı hipnotik durumlar, sedasyon düzeyleri arasında ayırımı en iyi yapan özellikler, birleşik bir indeks olmak üzere çoklu ve değişken istatistik model teknikleri kullanılarak birleştirilmiştir. BİS, üç analiz adımının kombinasyonu kullanılarak eş zamanlı

hesaplanmıştır. İlk adım; hareket, EMG (elektromiyografi) veya elektrokoterle oluşan artefaktları içeren segmentleri saniye olarak EEG sinyalinde ayıran ve işaretleyen bir EEG ön işlemcisidir. Baskılanmış EEG segmentleri de tanımlanıp, bu segmentler ileri aşama işlemlerinin dışında tutulmuştur. İkinci adım; önceden tanımlandığı şekilde geliştirilmiş algoritma kullanılarak, seçilmiş EEG özelliklerinin kombinasyonu yoluyla hipnoz/sedasyon indeksinin hesaplanmasıdır. Üçüncü adımda; hipnoz/sedasyon indeksi, EEG'deki baskılanmanın düzeyini daha iyi yansıtacak şekilde modifiye edilmiştir. Baskılanma oranı, artefaktsız verilerdeki baskılanmış EEG yüzdesi şeklinde hesaplanmıştır. Yaklaşım, EEG verilerinin alınması, artefaktların uzaklaştırılması ve spektral hesapların yapılması esasına dayanır. Ek olarak eşitlenmiş anestezi konsantrasyon boyunca cilt insizyonuna hareket veya hareketsizlik gibi klinik veriler bir araya getirilmiştir. İstatistiksel veri analizi teknikleri, klinik ve farmakolojik son noktalarla en iyi uyumu sağladığı görülen EEG komponentlerini tanımlamak için kullanılmıştır[103].

BİS algoritmi, Fourier analizi ve bispektral analiz komponentlerinin optimal kullanımı ve bazı anestezi ilaçlarla görülen EEG'nin başlangıç aktivasyonunun en az görülebilmesi için EEG'ye uyarlanmıştır. BİS, zaman alanı, frekans alanı ve klinik verilerden türetilen üst düzey spektral alt parametrelerinin kombinasyonundan oluşan kompleks bir parametredir [108]. BİS, EEG kayıtlarından elde edilen veriler ile oluşturulur. Bu bilgiler ortalama her 2 ile 5 saniye arasında kaydedilmektedir. Verileri bu şekilde yuvarlama, BİS'deki gereksiz dalgalanmaları önlemektedir. Bu aynı zamanda, sinyal elektrokoter tarafından etkilendiğinde, sayılı bir BİS değerinin devamını sağlar. Hipnotik durumda ani değişiklikler olduğunda BİS değeri hastadaki klinik değişikliğin 5-10 sn sonrasında oluşur [108].

BİS'in üç önemli özelliğinin belirtilmesi gerekir.

1. Kortikal EEG'nin bir kısmı derin yapılardaki aktiviteyi göstermektedir ve bu komponent uyku sırasında değişmektedir.

2. BİS ampirik, istatistiksel olarak elde edilmiş bir ölçümdür.

3. BİS, beynin bir andaki durumunu ölçer. Belli bir ilaç konsantrasyonunu ölçmez.

BİS İndeksi 0 ile 100 arasında değişen bir sayıdır ve anestezi ajan uygulaması sırasında önemli klinik durumlar ile koreledir. 100 civarında BİS değerleri hastanın uyanık olduğunu gösterirken, 0 değeri izoelektrik EEG'yi gösterir. BİS değeri 70'in altına indikçe hatırlama olasılığı dramatik olarak düşer. BİS indeksi 60'ın altına indiğinde hastanın bilinçli olma olasılığı çok düşüktür. BİS indeks değerleri 40'ın altına indiğinde anestezi etkisinin EEG üzerinde daha fazla etkisi olduğunu göstermektedir. Prospektif çalışmalarda, BİS indeks değerlerinin genel anestezi sırasında 40-60 arasında tutulmasının yeterli hipnotik etkiyi sağladığı bildirilmiştir [109]. BİS monitörizasyonunda elde edilen sayısal değerlere karşılık gelen klinik durum Tablo 8'de görülmektedir.

**Tablo 8: BİS değerleri ve klinik durum**

100	Uyanıklık Senkronize yüksek frekans aktivitesi
80	Uyanıklık alt sınırı Senkronize normal frekans aktivitesi
60	Hafif hipnotik düzey Normal düşük frekans aktivitesi
40	Derin hipnotik düzey EEG'de bir miktar baskılanma
0	İzoelektrik EEG Total baskılanma



## Sedatif İlaçların BİS Üzerine Etkisi

Değişik sedatif ilaçların (benzodiyazepin veya opioid) BİS üzerine etkisi farklı olabilmektedir. Anestezide hipnotik ilaçlar kullanıldığında BİS, cerrahi insizyona olan hareketle yüksek korelasyon gösterirken, opioidler eklendiğinde bu ilişkinin bozulduğu gösterilmiştir. Aynı şekilde propofol anestezisine alfentanilin eklenmesi bazal BİS değerlerine etki göstermezken, ağrılı uyararla olan BİS yükselişini baskılayabilmektedir. Yüksek doz alfentanil ile BİS indeksinde minimal düşüş gözlenirken remifentanil ile BİS indeksinde doza bağımlı bir düşüş saptanmıştır[105].

“Awareness” (farkındalık) hastanın ameliyat sırasında uyanık olması, kötü rüya görüyor olması veya belli bazı olayları anımsamasıdır[110, 111]. Özellikle kas gevşeticilerin kullanıldığı genel anestezi uygulamaları sırasında %1 oranında farkındalıktan bahsedilmektedir[94]. O sırada hasta hareketsiz olduğu için bu durumu belirtememektedir. “Wakefulness” (uyanık olma) ise, hastanın uyanık olması ve bunu hareketleri ile belli etmesidir. Hasta bu durumu sonradan hatırlamayabilir. BİS yeni bir teknolojik ürün olarak, anesteziistlere hipnotik ilaç uygulama dozlarını daha iyi ayarlama ve geliştirme imkanı sunmaktadır. BİS monitörizasyonu ile hastanın farkında olma ya da uyanık olma durumundan anesteziist de haberdar olabilecektir[112].

## MATERYAL VE METOD

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Uygulama Ve Araştırma Hastanesi etik kurul izni (04.05.2016 tarih ve 154 sayı) alındıktan sonra ameliyathanede genel cerrahi ve plastik cerrahi kliniği tarafından genel anestezi altında operasyona alınacak 18 yaş üzeri ASA skoru I-III olan 104 hasta çalışma kapsamına alındı. Hayatı tehdit eden pulmoner veya kardiyak patolojisi olanlar, hemodinamisi instabil olanlar, malign hipertermi için risk taşıyan hastalar, anestezi süresi 30 dk'nın altında olması beklenenler ve çalışmaya katılmayı reddeden hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Hastalara çalışma hakkında bilgi verilerek yapılacak işlemler için yazılı ve sözlü onayları alındı. Her vaka öncesinde anestezi cihazı (Dräger- Primus) otomatik testlerle kaçak testi yapılarak çalışmaya başlandı. Ayrıca her hasta için ventilatör ve solunum devresine yönelik kaçak testi tekrarlandı. Karbondioksit tutucusu olarak sodalime tercih edildi ve her hastadan önce değiştirildi. Anestezi devresi için yarı kapalı halka sistemi tercih edildi. Vaporizatör her vaka öncesi kontrol edilerek tam dolu olmasına dikkat edildi. Sistemin dışarı açılmamasına özellikle dikkat edildi. Her vakadan önce anestezi cihazının alarm limitleri  $FiO_2$ :%30,  $etCO_2$ : 45 mmH<sub>2</sub>O dakika hacmi olması gerekenden 0,5 L altına ve Paw ölçülen değer 5 mmH<sub>2</sub>O alt sınırı ve üst sınır 30 mmH<sub>2</sub>O olarak ayarlandı. Hastalara 20 gauge (g) kanül ile damar yolu açılarak premedikasyon (pantoprozol, metpamid) yapıldı, ameliyathane odasına alındı ve monitorize edildi. EKG, non-invaziv kan basıncı, oksijen saturasyonu ve BİS probu takıldı. BİS moniterizasyonu için sol frontotemporal bölge alkollü bir tampon ile temizlenerek kurulandı. BİS probunun proksimal kısmındaki elektrodu alın ortasına distal kısmındaki elektrodu ise göz hizasında temporal alana yapıştırıldı. BİS monitöründen bazal değerler alındı.

0,03 mg/kg midazolam ile premedikasyon sonrası %100 O<sub>2</sub> ve 8 L/dk' dan maske kullanılarak 2 dk preoksijenasyon yapıldı. Ardından 2 mcg/kg fentanyl, 1,5 mg/kg propofol ile anestezi indüksiyonunu takiben 0,6 mg/kg rokuronyum ile kas gevşemesi sağlandı. %100 O<sub>2</sub>, 8L/dk maske ile ventilasyon uygulandıktan sonra uygun entübasyon tüpü ile orotrakeal entübasyon yapıldı. Hastanın yaşına ve anatomisine uygun boyutta airway konularak içerisinden ısı probu yerleştirildi.

Entübasyon sonrası taze gaz akımı 1L/dk'ya (0.5L/dk O<sub>2</sub>, 0.5L/dk hava) düşürülüp desfluran vaporizatörü %18' e ayarlandı. Drager-Primus anestezi cihazı ile tidal volüm 6-8 mL/kg, solunum frekansı end-tidal CO<sub>2</sub> normal sınırlar (35-45 mmHg) arası olacak şekilde volüm AutoFlow (AF) modunda ventilasyona başlandı. İnspire ve ekspire edilen O<sub>2</sub> ve inhalasyon ajan konsantrasyonları, end-tidal CO<sub>2</sub> değerleri kaydedildi. Vaporizatörün açılması ile end tidal desfluran konsantrasyonunun 0,7 MAK'a ulaşması arasında geçen süre kaydedildi. (MAK 0,7 süre) MAK değeri olarak Drager Cihazının yaşa göre belirlediği algoritma kullanıldı. Daha sonra desfluran vaporizatörü 0,7 MAK'ı oluşturan etDES değerinin 2 birim üstüne ayarlandı. Cerrahi süresince MAK'ın 0,6-0,8 sınırlarında kalmasına izin verildi. Bu sınırlar içinde BİS değeri 60'ın üstüne çıkarsa desfluran ayarı 1 birim arttırıldı.

Entübasyondan sonra 10. dk ya kadar 2 dk aralıkla, 30. dkya kadar 5 dk aralıkla ve 30. dk dan 60.dk kadar 15dk aralıklarla 60.dk'dan vaka bitimine kadar 30 dk aralıkla hastanın kalp atım hızı (KAH), sistolik arter basıncı (SAB), diyastolik arter basıncı (DAB), ortalama arter basıncı (OAB), periferik oksijen saturasyonu (SpO<sub>2</sub>) Drager-primus anestezi cihazının monitörü vasıtasıyla end-tidal CO<sub>2</sub> (etCO<sub>2</sub>), MAK ve etDES konsantrasyonu, inspiyum ve ekspiryum O<sub>2</sub> konsantrasyonu, BİS değeri ve hastanın ısıyı kaydedildi. Vaka boyunca

hastalara remifentanil infüzyonu, (0,01-0,3mcg/kg/dk) uygulandı. Hastanın takibinde nabız <45 atım/dk olduğunda 0,5 mg atropin ve OAB<60 mmHg olduğunda sıvı replasmanı arttırıldı ve 5mg efedrin yapıldı. Kan basıncına göre efedrin gerekirse 5mg artan dozlarda bolus olarak tekrar verildi. Operasyon bitmesine tahminen 10 dk kala remifentanil infüzyonu sonlandırıldı. Son cilt dikişi konulduktan sonra inhalasyon ajanı kapatıldı ve %100 O<sub>2</sub> ve 8L/dk taze gaz akımına geçildi.

Hastaya spontan solunum başladıktan sonra sugammadeks veya deküarizasyon uygulanarak (0,01 mg/kg atropin, 0,03 mg/kg neostigmin) spontan solunum ve kas gücü yeterli olduğunda ekstübe edildi.

Hastalar oda havasında saturasyonu düşmeyip, spontan göz açma, dil çıkarma, başı 3sn yukarda tutma gibi emirleri yerine getirdikten sonra post-op derlenme ünitesine gönderildi. Çalışmaya 104 hasta ile başlandı, 2 tanesinde tüp içi aspire edildiği için 2 tanesinde de solunum devresi istenmsiz ayrıldığı için 4 hasta çalışma dışı bırakıldı.

Drager- Primus anestezi cihazı standby' a alınarak toplam anestezi süresi, desfluran toplam tüketimi (solunum sistemindeki) ve hastanın kullandığı desfluran miktarı kaydedildi ve istatistiksel analizi yapıldı.

100 hastanın verileri kaydedildikten sonra hastalar VKİ (vücut kitle indeksi) ve YAŞ'a göre gruplandırıldı:VKİ; <18.5 zayıf hasta 18.5-24.9 arası normal kilolu, 25-29.9 fazla

kilolu, >30 obez hasta, YAŞ; <40 yaş altı genç yaş, 40-65 yaş arası orta yaş >65 yaş ileri yaş olarak gruplandırıldı.

### **İstatistiksel analiz**

Verilerin değerlendirilmesinde çok sayıda anestezi verisine ilişkin değişkenler ve yaş, cinsiyet, boy, kilo, vücut kitle indeksi, ASA durumu gibi değişkenler incelenmiştir. Bu değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri belirtilerek karşılaştırma işlemleri için öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. İki grup karşılaştırmalarında Bağımsız iki örnek t testi, ikiden daha çok grup karşılaştırmalarında tek yönlü varyans analizinden yararlanılmıştır. Verilerin normal dağılım göstermediği değişkenlerde iki grup karşılaştırmalarında Mann-Whitney U test, ikiden fazla grup karşılaştırmalarında Kruskal Wallis H testi uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Pearson korelasyon analizi ve Spearman korelasyon analizinden yararlanılmıştır. İstatistik parametreleri olarak ortalama ve standart sapma, nonparametrik testler için median(min-max) verilmiştir. İstatistiksel anlamlılık  $p<0,05$  olarak kabul edilmiştir. Veriler SPSS 22 (İBM) paket programında analiz edilmiştir.

## BULGULAR

### Hastaların Demografik Özellikleri Ve Anestezi Süresi

Tablo 9: Hastaların Demografik Özellikleri ve Anestezi Süresi

	ORTALAMA $\pm$ SD (min-max)
Cinsiyet (K/E)	57/43
Yaş(yıl)	47 $\pm$ 15 (18-81)
Kilo(kg)	74 $\pm$ 16 (35-120)
Boy(cm)	163 $\pm$ 10 (145-183)
Vücut Kitle İndeksi	27 $\pm$ 14 (15-48)
ASA I-II-III	36-31-33
Anestezi Süresi(dk)	106 $\pm$ 5,5 (34 dk/320 )

Hastaların 57'si kadın 43' ü erkekti. Çalışmaya alınan hastaların yaş ortalaması 47 $\pm$  15, kilo ortalaması 74 $\pm$ 16, boy ortalaması 163 $\pm$  10cm, vücut kitle indeksi ortalaması 27  $\pm$ 14' idi. ASAI =36, ASAII=31, ASAIII=33 hasta bulunmaktaydı. Operasyon süresi 34 ile 320 dk arasında değişmekte olup ortalama anestezi süresi 106 $\pm$ 5,5 dk idi.

### MAK 07'ye ulaşms süresi, ajan tüketimi, cerrahi başlangıcındaki MAK ve BİS değerleri

Tablo 10: MAK07 et.des, MAK07S, ajan tüketim miktarı, toplam ve dakikalık hastanın kullandığı ajan miktarı, etkinlik katsayısı, cer. baş. MAK , cer. baş. BİS. değerleri

	ORTALAMA $\pm$ SD (MİN./MAKS.)
MAK07 et. DES.(%)	4,7 $\pm$ 0,4 (3,7/6)
MAK07 Süresi( dk)	2,9 $\pm$ 0,5 (2/4,3)
Ajan Tüketimi	
Toplam Tüketim (mL)	34 $\pm$ 1,6 (12/110)
Dk.Lık Tüketim Miktarı (mL/dk)	0,33 $\pm$ 0,05 (0,23/0,5)
Hastanın Kullandığı(Uptake) (mL)	17 $\pm$ 0,7 (5/49)
Dk.Lık Hasta Tüketim Miktarı (mL/dk)	0,17 $\pm$ 0,04 (0,08/0,32)
<sup>1</sup> Etkinlik Katsayısı (H/S )	0,5 $\pm$ 0,08 (0,26/0,75)
<sup>2</sup> Cer. Baş. MAK	0,6 $\pm$ 0,06 (0,6/0,8)
<sup>3</sup> Cer. Baş. BİS	39 $\pm$ 8,5 (21/59)

<sup>1</sup>Etkinlik katsayısı H/S:Hastanın kullandığı anestezi ajanının toplam tüketim (solunum sistemindeki) anestezi ajana oranı,  
<sup>2</sup>CER.BAŞ.MAK: Cerrahi başlangıcındaki minimum alveolar konsantrasyon yüzdesi,  
<sup>3</sup>CER.BAŞ.BİS: Cerrahi başlangıcındaki Bispektral İndeks değeri

Hastaların MAK 0,7 için End-tidal desfluran konsantrasyonu 3,7 ile 6 arasında değişmekte olup ortalaması  $4,7 \pm 0,4$  idi.

MAK07' ye ulaşma süresi 2 dk ile 4,3 dk arasında değişmekte olup ortalaması  $2,9 \pm 0,5$  dk idi.

Hastaların vaka boyunca toplam tükettiği (solunum sistemindeki) anestezi ajan miktarı 12 mL ile 110 mL arasında değişmekte olup ortalaması  $34 \pm 1,6$  mL idi.

Vaka boyunca hastanın kullandığı anestezi ajan tüketimi 5 ile 49 arasında değişmekte olup ortalama  $17 \pm 0,7$  idi.

Cerrahi başlangıcındaki MAK değeri 0,6 MAK ve 0,8 MAK arasında değişmekte olup median değeri 0,7 idi.

Cerrahi başlangıcındaki BİS değerleri 21 ile 59 arasında değişmekte olup ortalama  $39 \pm 8,5$  idi.

Tablo 11: MAK07 Ulaşma Süresi İle Cinsiyet, Yaş Ve VKİ Arasındaki İlişki

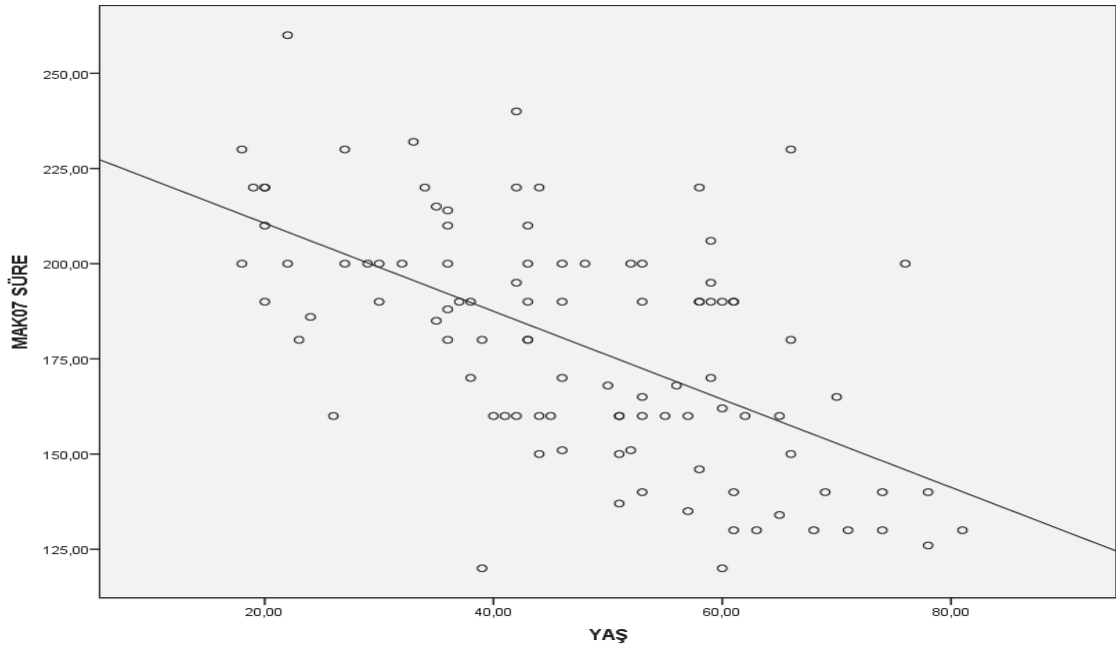
	MAK07 SÜRESİ	p değeri
CİNSİYET KADIN ERKEK	$2,9 \pm 0,4$ $3 \pm 0,8$	0,320
YAŞ <40 40-65 >65	$3,3 \pm 0,4$ $2,8 \pm 0,4$ $2,5 \pm 0,5$	0,01**
BMİ <18,5 18,5-24,9 25-29,9 >30	$3 \pm 0,35$ $3,1 \pm 0,5$ $2,9 \pm 0,5$ $2,85 \pm 0,5$	0,275

Tek yönlü varyans analizi \*( $p < 0,05$ )

Cinsiyetler arasında MAK07'ye ulaşma süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemektedir. ( $p > 0,05$ )

Yaş grupları ile MAK07' ye ulaşma süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark görülmektedir. ( $p < 0,05$ ). Bu farklılık MAK07 ile genç yaşla – orta yaş, genç yaşla – ileri yaş, orta yaş - ileri yaş arasındaki farktan kaynaklanmaktadır.

Hastalar Vücut Kitle İndeksi (VKİ) ne göre sınıflandırıldığında gruplar arasında MAK07' ye ulaşma süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemektedir( $p > 0,05$ ).



Şekil 2 ; MAK0,7 Ulaşma Süresi İle Yaş Arasındaki İlişki

MAK07 süresi ile yaş arasında negatif korelasyon ( $r: -0,588$ )( $p=0,000$ ) vardır, yani yaş arttıkça MAK07 süresi azalmaktadır.



**Yaş, Kilo, Boy, MAK07süre, Ajan Tüketimi H/S, Dakikalık Ajan Tüketimi, Hastanın Kullandığı Dakikalık Ajan Tüketimi Arasında Bivarite Korelasyon Analizi**

Tablo 12: Bivarite Korelasyon analizi

BİVARİTE KORELASYON ANALİZİ								
	Yaş	Kilo	Boy	MAK07 Süresi	Etkinlik Katsayısı (H/S)	Dk. Ajan Tük. S.	Dk. Ajan Tük. H.	
Yaş	r	1	,057	-,002	-,588**	-,006	-,482**	-,283**
	p		,572	,983	,000	,956	,000	,004
Kilo	r	,057	1	,464**	-,034	,534**	,186	,468**
	p	,572		,000	,738	,000	,064	,000
Boy	r	-,002	,464**	1	,161	,328**	,272**	,391**
	p	,983	,000		,108	,001	,006	,000
MAK07 Süresi	r	-,588**	-,034	,161	1	,025	,398**	,249*
	p	,000	,738	,108		,804	,000	,012
Etkinlik Katsayısı(H/S)	r	-,006	,534**	,328**	,025	1	,244*	,806**
	p	,956	,000	,001	,804		,014	,000
*DK. Ajan түк. S <sup>1</sup>	r	-,482**	,186	,272**	,398**	,244*	1	,763**
	p	,000	,064	,006	,000	,014		,000
DK Ajan Tük. H. <sup>2</sup>	r	-,283**	,468**	,391**	,249*	,806**	,763**	1
	p	,004	,000	,000	,012	,000	,000	

<sup>1</sup>DK. AJAN Tük. S.;Toplam (solunum sistemindeki) anestezi ajan/anestezi süresi  
<sup>2</sup>DK AJAN Tük. H;Hastanın kullandığı anestezi ajan/anestezi süresi

Yaş ile toplam (sistemin) ve hastanın kullandığı dakikalık anestezi ajan tüketimi arasında negatif korelasyon(sistem r -482 hasta r: - 283) bulunmaktadır. Yaş arttıkça toplam (sistemin) ve hastanın kullandığı anestezi ajan miktarı azalmaktadır.

Kilo ile dakikalık anestezi ajan tüketimi arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmemektedir( $p>0,05$ ). Kilo ile hastanın kullandığı dakikalık anestezi ajan tüketimi arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmektedir( $p<0,05$ ). Kilo ile hastanın kullandığı ajan tüketiminin solunum sistemindeki ajan tüketimine oranı (H/S) arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmektedir( $p<0,05$ ).

Boy ile etkinlik katsayısı (hastanın kullandığı ajan tüketiminin solunum sistemindeki ajan tüketimine oranı H/S) ve sistemin ve hastanın kullandığı dakikalık anestezi ajan tüketimi arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmektedir( $p<0,05$ ).

### Vücut kitle indeksi (VKİ)'ne göre anestezi verilerinin karşılaştırılması:

Tablo 13: VKİ grupları açısından anestezi verilerinin karşılaştırılması

	Zayıf (n=3)	Normal (n=30)	Fazla Kilolu (n=35)	Obez (n=32)	
	O ( $\pm$ SD)	O ( $\pm$ SD)	O ( $\pm$ SD)	O ( $\pm$ SD)	p
Yaş	48,00( $\pm$ 26,06)	44,10( $\pm$ 18,45)	48,20( $\pm$ 13,63)	49,56( $\pm$ 14,60)	,577 <sup>1</sup>
MAK07 et. Des.	4,73( $\pm$ ,76)	4,83( $\pm$ ,49)	4,69( $\pm$ ,40)	4,67( $\pm$ ,37)	,481 <sup>1</sup>
MAK07 Süre	3,05( $\pm$ 0,3)	3,1 ( $\pm$ 0,4)	2,9( $\pm$ 0,5)	2,9( $\pm$ 0,6)	,378 <sup>1</sup>
Toplam Ajan tük./dk	,33( $\pm$ ,06)	,34( $\pm$ ,06)	,33( $\pm$ ,06)	,33( $\pm$ ,04)	,755 <sup>1</sup>
Etkinlik Katsayısı(H/S)	,45( $\pm$ ,04)	,48( $\pm$ ,09)	,49( $\pm$ ,08)	,55( $\pm$ ,08)	<b>0,003*<sup>1</sup></b>
	Med (min/maks)	Med (min/maks)	Med (min/maks)	Med (min/maks)	
Toplam Ajan Tük.	28 (23/42)	30 (14/73)	32(12/67)	32,5 (17/110)	,728 <sup>2</sup>
Hasta Ajan Tük.	13 (11/17)	14,5 (7/32)	16(5/27)	18,5 (10/49)	,075 <sup>2</sup>
Op. Süresi	74(71/146)	84(37/270)	95(34/228)	97(47/320)	,547 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tek yönlü varyans analizi;(p:0,05); \*gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı (veriler normal dağılmış)

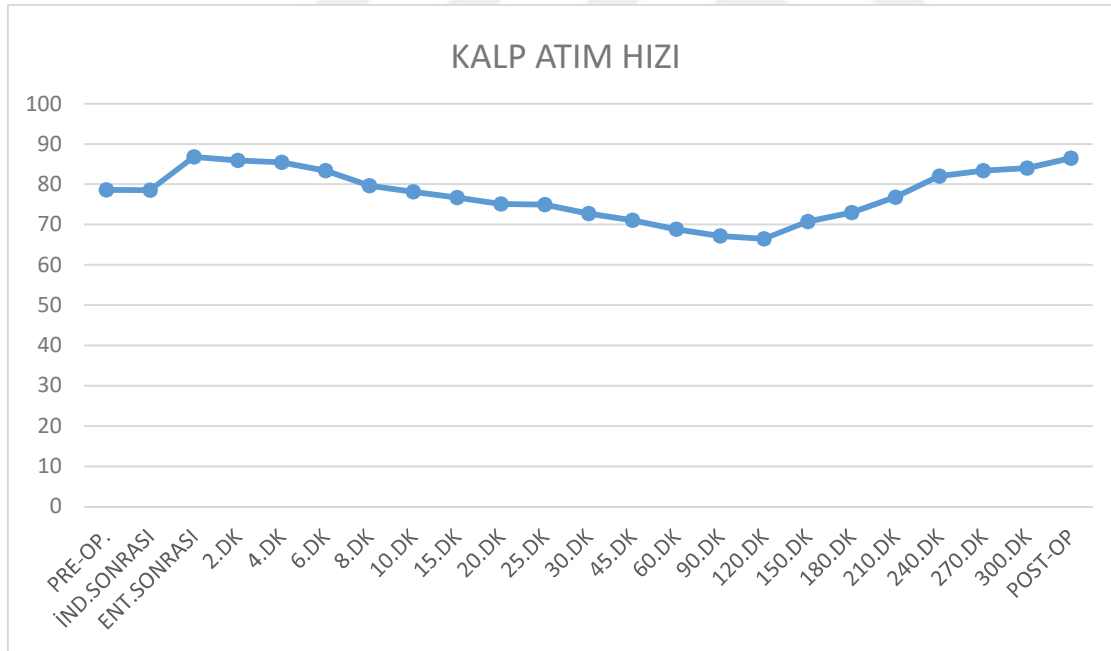
<sup>2</sup> Kruskal Wallis H testi;( p:0,05); \*gruplar arası farklılık istatistiksel olarak anlamlı(veriler normal dağılmamış)

Hastalar VKİ ne göre gruplandırıldığında gruplar arasında MAK0,7 için end-tidal desfluran konsantrasyonu, MAK 0,7 ulaşma süresi, , Toplam dakikalık ajan tüketimi, ,Operasyon boyunca toplam ve hasta tarafından kullanılan ajan miktarı ve anestezi süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir( $P>0,05$ ).

Hastalar VKİ ne göre gruplandırıldığında etkinlik katsayısında (H/S) istatistiksel olarak anlamlı fark görülmektedir( $p<0,05$ ). Bu farklılık obez - normal kilolu-, obez - fazla kilolu arasındaki farktan kaynaklanmaktadır.

## HEMODİNAMİK PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 1-Kalp Atım Hızı (KAH) (vuru/dk):

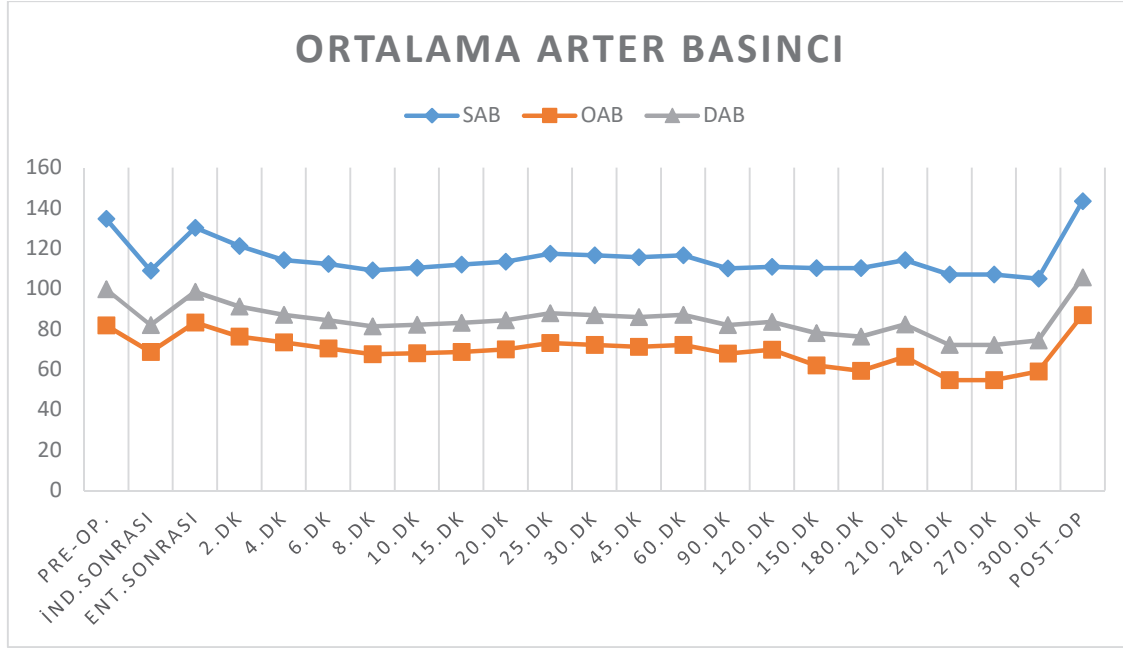


Grafik 1:Dönemlere göre kalp atım hızları (KAH).

Kalp Atım Hızı (KAH) ortalama değerleri grafik 1 de görülmektedir. Kalp atım görülmektedir. Kalp atım hızları ortalamaları  $66\pm 10$  /  $87\pm 12$  atım/dk arasında değişmektedir.

Kalp atım hızı ortalamalarında wash -in dönemi (başlangıç) de dahil olmak üzere hemodinamik olarak bir önceki ölçümlerden %20 den fazla artış görülmemiştir.

**2-Sistolik Arter Basıncı (SAB) (mmHg), Diyastolik Arter Basıncı (DAB) (mm/Hg), Ortalama Arter Basıncı(OAB) (mmHg) ;**



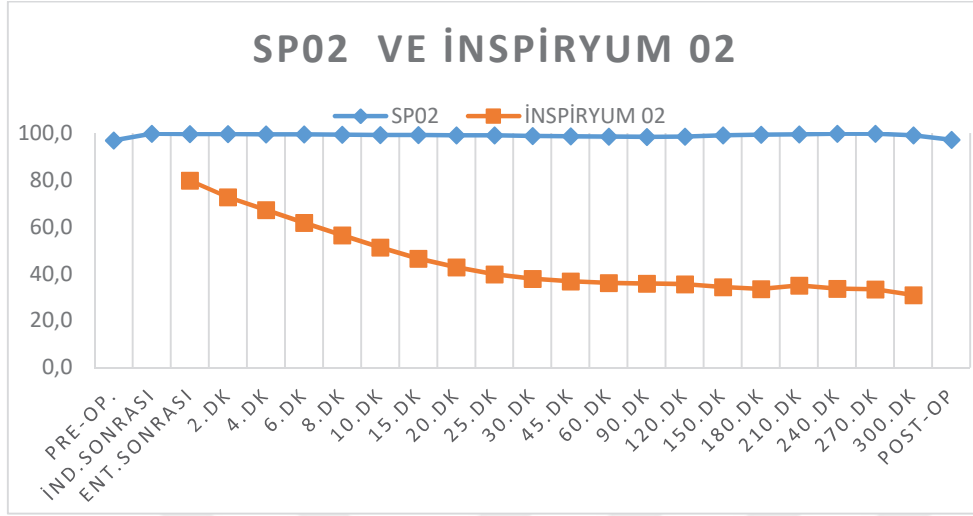
Grafik 2: Dönemlere göre sistolik arter basınçları (SAB) (mmHg), diyastolik arter basınçları (DAB) (mm/Hg), ortalama arter basınçları (OAB) (mmHg)

Sistolik arter basınçları (SAB)  $107 \pm 21$  /  $143 \pm 16$  (mmHg), diyastolik arter basınçları (DAB)  $55 \pm 6$  /  $87 \pm 14$  (mm/Hg), ortalama arter basınçları (OAB)  $72 \pm 12$  /  $106 \pm 14$  (mmHg) arasında değişmektedir.

Kan basınçları ortalamalarında wash -in dönemi (başlangıç) de dahil olmak üzere hemodinamik olarak bir önceki ölçümlerden %20 den fazla artış görülmemiştir.

### 3-Periferik Oksijen Satürasyonu (SpO<sub>2</sub>) (%) ve İnspire Edilen Oksijen

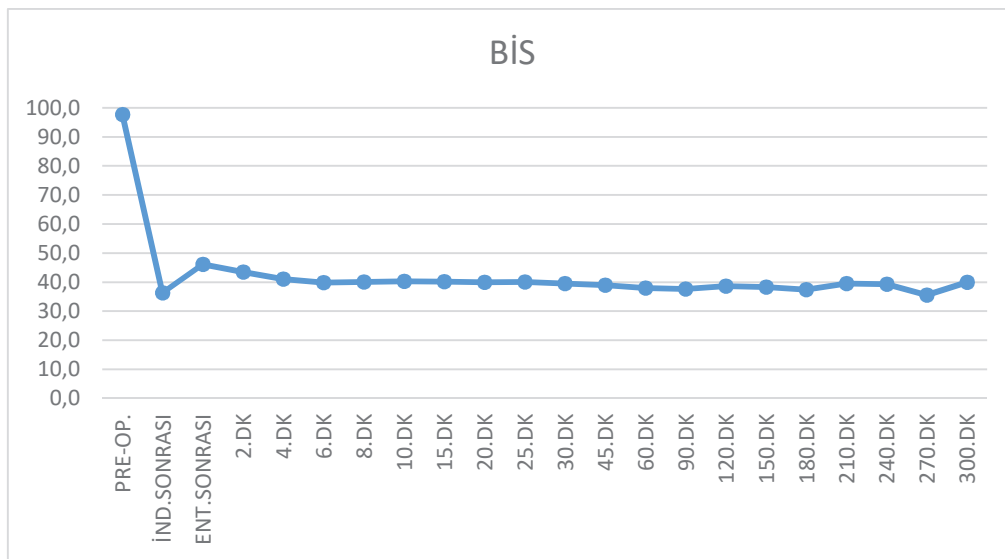
Değerleri(FiO<sub>2</sub>)(%):



Grafik 3:Dönemlere göre periferik oksijen satürasyonu (SpO<sub>2</sub>) ve inspire edilen oksijen değerleri (FiO<sub>2</sub>)

Periferik oksijen satürasyonu ortalama değerleri 96±2 / 99±0,5 ve inspire edilen oksijen değerleri ortalamaları 33±2,5 / 79±6 grafik 3 de görülmektedir.

### 4-Bispektral İndeks Değeri (BİS):

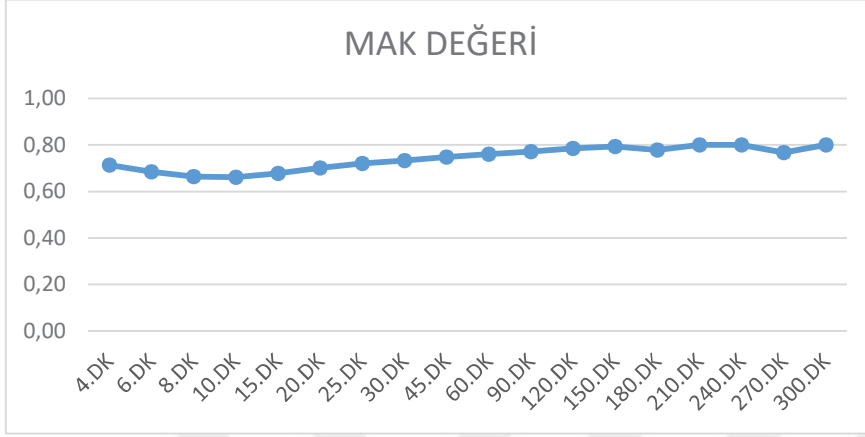


Grafik 4:BİS ölçümlerinin takip sürelerine göre dağılımı

Bispektral İndeks Değeri ölçümleri ortalaması  $37\pm7,2 / 97\pm2,3$  arasında değişmektedir.

Cerrahi işlem boyunca BİS değerleri ortalaması  $39,5\pm2,3$  arasında seyretti.

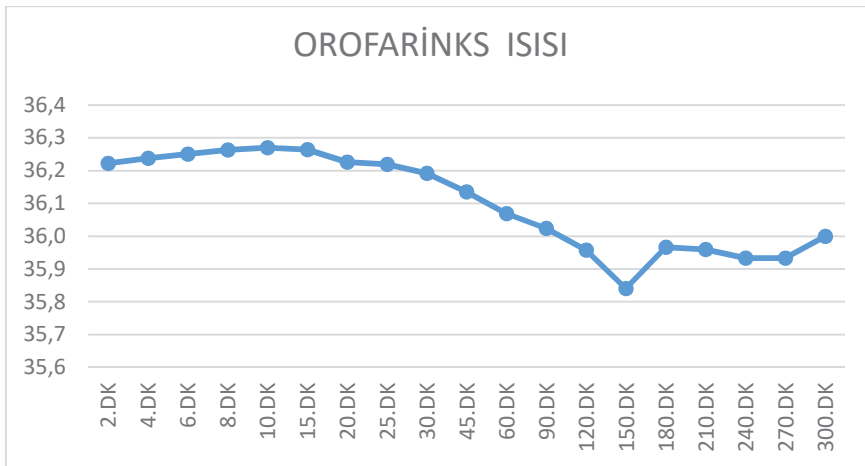
#### 5-Minimum Alveolar Konsantrasyon (MAK):



Grafik 5: Dönemlere göre MAK ölçümlerinin ortalaması

Minimum Alveolar Konsantrasyon değerleri ortalaması  $0,6\pm0,05 / 0,8\pm0,07$  arasında değişmektedir.

#### 6-Orofarinks Isısı(C): Orofarinks ısısı ortalama değerleri grafik 6 ' da görülmektedir.



Grafik 6:Dönemlere göre Orofarinks ısısı değerleri ortalaması

Orofarinks ısısı ortalama değerleri  $36,27\pm0,4$  ile  $35,84\pm0,3$  arasında değişmektedir

Vaporizatör ayarlarında 2 hastaya 3 kez müdahale, 7 hastaya 2 kez 24 hastaya 1 kez müdahale edildi, diğer hastalara müdahale etme ihtiyacı olmadı. Toplam cerrahi süresinin 10.615 dk olduğu düşünülecek olursa ortalama her 241 dakikada bir kez vaporizatör ayarında değişiklik yapmak gerekti.



## TARTIŞMA

Genel anestezi geçici bilinç kaybı, amnezi, tüm vücutta analjezi ve bir miktar kas gevşemesi ile karakterizedir[113]. Genel anestezi uygulaması; bilinç kaybına yol açarak, hastanın ameliyat sırasındaki farkındalığını (awareness) önler, hastanın ameliyat sırasında ağrı duymasını önler ve refleks aktiviteyi baskılayıp kas gevşemesi sağlayarak cerrahi müdahalenin yapılmasını kolaylaştırır. Genel anestezi uygulaması klinik olarak 3 dönemden oluşur. Bunlar indüksiyon, idame ve uyanma dönemleri olarak adlandırılır. Genellikle indüksiyonda intravenöz ajanlar tercih edilirken idamede inhalasyon ajanları kullanılmaktadır. Operasyon boyunca hastanın farkındalığı önlemek için volatil ajan konsantrasyonunun 0,5-0,7 MAK olması sağlanmalıdır[100]. DAA ile ilgili birçok çalışma başlangıçta inhalasyon ajan konsantrasyonu 1-1,5 MAK olacak şekilde yapılmıştır[114]. Günümüzde klinik pratikte pek çok merkezde inhalasyon ajanları MAK değerlerini azaltan opioidlerle ile kombine kullanıldığı için volatil ajanın 0,5 – 0,7 MAK konsantrasyonlarında kullanılması yeterli olmaktadır. Biz de çalışmamızda fentanyl ve remifentanil kullandığımız için 0,7 MAK değerini hedefledik.

Volatil ajan konsantrasyonunun genel anestezi için yeterli düzeye çıkması için geçen sürede indüksiyonda kullanılan İV anesteziklerin etkilerine güvenilmektedir. Bu süre içinde yeterli anestezi derinliğinin sağlandığından emin olmak için çalışmamızda BİS monitörizasyonunu kullandık. Bispektral indeks analizi (BİS) yöntemi, anestezi derinliğinin objektif bir göstergesi olarak kabul edilmektedir[115]. Genel anestezi sırasında BİS değerlerinin hatırlama ve farkında olmayı ortadan kaldırmak için 40-60 aralığında tutulması gerektiği bildirilmektedir[116].



Çalışmamızda induksiyonda intravenöz propofol kullandık. Entübasyon sonrası ortalama BIS değeri 46,1 (min-23 maks 65) idi. Ortalama BIS değeri entübasyon sonrası 2,4 ve 6. dakikalarda sırasıyla 43,5;41 ve 39,9 idi. End tidal desfluran konsantrasyonu 0,7 MAK'a ortalama  $2,9 \pm 0,5$  dk (maks:4,3 dk) içinde ulaştı, bu süre içinde hiçbir hastada BIS değeri 60'ın üzerine çıkmadı. Operasyon boyunca BIS değerleri ortalama 35,5 ile 40,3 arasında seyretti. MAK değerleri ise ortalama 0,66 ile 0,80 arasında seyretti. Bu nedenle uyguladığımız yöntemin farkındalık açısından başarılı ve pratik olduğunu düşünmekteyiz.

Düşük akımlı anestezi uygulamalarında başlangıç yüksek taze gaz akımı süresini kısaltmak, idame sırasında sık sık vaporizatör ayarı ile oynamak zorunda kalmamak ve istenilen MAK değerine çabuk erişmek için farklı yaklaşımlar önerilmiştir [117, 118]. Bunların birçoğu pratik değildir. Çünkü çok sayıda basamak uygulamak gerekir veya bazılarında bir bilgisayar programı ile karmaşık matematiksel hesaplamalar yapmak gerekir. Birçoğunda başlangıçta yüksek taze gaz akımı ile denitrojenasyon yapılırken yüksek vaporizatör ayarı ile başlangıç saturasyonu sağlanmaya çalışılır. Daha sonra taze gaz akımı düşürülerek End-tidal anestezi ajan (Etaa) istenilen konsantrasyonunu idame ettirmek için vaporizatörde değişiklikler yapılır.

Çalışmamızda inhalasyon ajanı olarak desfluranı tercih etmemize neden olan en önemli faktör de kandaki düşük çözünürlüğünden doğan fizikokimyasal üstünlükleridir. Benzer şekilde birçok çalışmada da düşük akımlı anestezi yönteminde volatil anestezi olarak desfluran kullanılmıştır. Desfluran başlangıçta solunum sistemini çok hızlı doldurduğu için induksiyondan on dakika sonra inspire edilen desfluran konsantrasyonu taze gaz konsantrasyonunun yaklaşık %85ine ulaşır. Anestezi induksiyondan sonra %1 MAK

konsantrasyonda volatil anestezi ile idame sırasında izofluran için alveoler konsantrasyon inspire edilen konsantrasyonun 1 saat sonra ancak %30'una ulaşırken, desfluran için aynı şartlarda, inspire edilen konsantrasyon alveoler konsantrasyonun yalnızca %10 üzerindedir. Baum ve ark. [4] ise, desfluranı minimal ve düşük akımda kullanmışlar, düşük akımda vaporizatör ayarı değiştirilmeden devam edebilirken, minimal akımda taze gaz konsantrasyonunda % 1-2'lik artış gerektiğini belirtmişlerdir. Biz çalışmamızda 0,7 MAK'a ulaşınca vaporizatörü o anki Etac konsantrasyonu değerinin 2 fazlasına ayarladık ve bu şekilde stabil bir anestezi derinliği elde ettik.

Başlangıç döneminin süresi (wash-in) TGA'na ve vaporizatör ayarına bağlıdır. Baum ve ark. [88] 4,4L/dk TGA kullanmışlar ve Etac konsantrasyonunun 10-15 dk içinde taze gaz içindeki konsantrasyonun %90-95'ine ulaştığını saptamışlar. Mapleson [117][118] düşük akımlı anestezinin başlangıç dönemindeki teorik ideal TGA kesitini belirlemek için yaptığı çalışmada desfluran için 3,5 L/dk TGA akımı ve 3 MAK vaporizatör ayarı ile 1 dk içinde 1 MAK end tidal konsantrasyonuna ulaşılacağını göstermiştir. Akım 1L/dk'ya düşürüldüğünde ulaşılan Etac konsantrasyonunu sürdürmek için desfluran vaporizatörünün 10. dakikaya kadar 1,5 MAK'a daha sonra ise 1,2 MAK'a düşürmek gerektiğini ve böylece 20 dk boyunca Etac konsantrasyonunun stabil seyredeceğini belirtmiştir. Bu yöntemle 20 dk'da tüketilen desfluran miktarı 13 mL imiş ve bunun sadece %33'ü hasta tarafından kullanılmıştır. Bu teorik model Ip-Yam ve ark. [119] tarafından GAA altında elektif tonsillektomi uygulanan 90 hasta üzerinde test edilmiş. Amaç Etac konsantrasyonunu mümkün olan en kısa sürede 1 MAK'a çıkartmak ve daha sonra sabit tutmak imiş. Hastalar randomize şekilde 3 gruba ayrılıp izofluran ve sevofluran gruplarındakilere 3 MAK anestezi ajan uygulanırken desfluran için en yüksek vaporizatör ayarı %18 olduğu için başlangıçta 3,5 L/dk TGA akımı ile 3 MAK yerine mecburen 2,7 MAK uygulanmış. 1 dk sonra desfluran ayarı %9,9'a (1,5 MAK) ve

TGA 1 L/dk'ya düşürülmüş, 10 dk sonra da %7,9'a (1,2MAK) düşürülmüş. Desfluran grubunda 1 dk içinde 1 MAK Ettaa konsantrasyonuna ulaşılmış ve 20 dk boyunca 1MAK'ın hafif üzerinde seyretmiş. Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda bizim çalışmamızdan farklı olarak başlangıçta hep yüksek TGA kullanılmış, vaporizatör ile daha sık ayarlama yapılmasına rağmen istenilen hedefte sapmalar olmuş.Ayrıca biz çalışmamızda sadece 20 dk'lık süre içinde değil 5 saatten uzun süren cerrahilerde dahi stabil anestezi derinliği elde ettik.

Bizim çalışmamızla çok benzerlik gösteren çalışmalarında Horwitz ve Jakobsson [120] hastaları 4 gruba ayırıp başlangıçtan itibaren 1L/dk veya 0,5L/dk TGA ile birlikte desfluran ve sevofluran kullanmışlar. Başlangıç wash-in döneminde vaporizatör değerini sevofluran için %6, desfluran için %18 ayarlamışlar. 1 ve 1,5 MAK'a ulaşmak için gerekli süreleri ölçmüşler. Cerrahi süresince Ettaa konsantrasyonunu 0,8 MAK olacak şekilde idame ettirmişler. 1 MAK'a ulaşmak için sevofluran ile 0,5 L/dk akımda  $15,2\pm 2,4$  dk, 1 L/dk akımda  $6,2\pm 1,3$  dk süre geçerken desfluran ile 0,5 L/dk akımda  $8,5\pm 1,7$  dk ve 1L/dk akımda  $3,7\pm 0,7$  dk yeterli olmuş. Çalışmamızda 0,7 MAK'a ulaşmak için  $2,9\pm 0,5$  dk yeterli oldu. Hedeflenen değerler düşünüldüğünde (1 vs. 0,7 MAK) süreler oldukça uyumludur. Bu çalışmada hastalarda özellikle minimal akımda yeterli MAK düzeyine ulaşana kadar geçen sürede anestezi derinliğine bakılmamış. Bu kadar uzun sürede iv indüksiyon ajanının etkisi geçip anestezi yüzeyleşmiş olabilir. Biz çalışmamızda yeterli MAK düzeyine  $2,9\pm 0,5$  dk da ulaştık ve bu sırada anestezi derinliğini BIS ile takip ettik.

Hendrickx ve ark. [121] %4,5 end ekspiryum desfluran ( $F_{A_{des}}$ ) elde edip idame ettirmek için 2 basamaklı TGA ( $O_2/N_2O$ ) sekansı geliştirip test etmişler. Önce 18 hastadan veri elde edip model oluşturmuşlar, sonra bu modeli 24 hasta üzerinde test etmişler. Toplam

6L/dk (2 L/dk O<sub>2</sub> ve 4 L/dk N<sub>2</sub>O) TGA akımı ile ilk 15 dk %6,5 daha sonra %5,5 desfluran vaporizatör ayarı ile yaklaşık 3 dk sonra hedeflenen %4,5 F<sub>A</sub>des değerine ulaşılmış. Daha sonra akım 0,7 L/dk'ya düşürülmüş. Bu yöntemle yazarlar ilk 20 dkda anestezi ajan konsantrasyonunu istedikleri seviyede tutabilmişler. Biz de çalışmamızda 1L/dk TGA kullanmamıza rağmen ortalama 4,72 F<sub>A</sub>des değerine yaklaşık 3 dkda ulaştık. N<sub>2</sub>O kullanmış olsaydık biz de başlangıçta daha yüksek akım kullanmak zorunda kalacaktık ve ilk bölümdeki desfluran tüketiminin büyük çoğunluğu atmosfere gitmiş olacaktı. 5 hastada 23 dk sonra vaporizatör ayarının (F<sub>D</sub>) 1 veya 2 kez azaltmak zorunda kalmışlar çünkü F<sub>A</sub>des %4,9'un üzerine çıkmış. 2 hastada F<sub>D</sub> geçici olarak artırılmış. Bizim çalışmamızda vaporizatör ayarlarında 2 hastaya 3 kez müdahale, 7 hastaya 2 kez 24 hastaya 1 kez müdahale edildi diğer hastalara müdahale etme ihtiyacı olmadı. 3 kez müdahale edilen 2 hastanın anestezi süresi 280 ve 320 dakikaydı. 2 kez müdahale edilen hastaların da anestezi süresi uzun idi. Toplam cerrahi süresinin 10.615 dakika olduğu düşünülecek olursa ortalama her 241 dakikada bir kez vaporizatör ayarında değişiklik gerekmektedir ki bu oldukça pratiktir.

Sathitkarnmanee ve ark. [122] desfluran ile DAA başlangıç dönemi için (wash-in) 1-1-12 tek basamak olarak adlandırdıkları bir şema öne sürmüşler. İndüksiyon ve entübasyon sonrası O<sub>2</sub> ve hava 1:1 L/dk karışımı içinde %12 desfluran vaporizatör ayarı ile F<sub>A</sub>D %1, %2, %3, %4, %5, %6 ve %7 oluncaya kadar geçen süreleri kaydetmişler. Bu değerlere ulaşmak için geçen süre sırası ile 0,6; 1; 1,5; 2; 3;4 ve 6 dk imiş. TGA bizim çalışmamızdakinin 2 katı olduğu için F<sub>A</sub>D daha hızlı yükselmiş. Belki de bu nedenle kalp hızında klinik olarak anlamsız olsa da istatistiksel olarak anlamlı ama bir artış izlenmiş[122].

İnspiryumdaki desfluran konsantrasyonunun çok hızlı yükselmesi sempatik stimülasyona yol açabilir, bu nedenle %18 gibi yüksek desfluran vaporizatör değerlerinin

sadece düşük TGA ile ve uygun opioid birlikteliği ile kullanımı önerilmektedir [123]. Ebert ve ark. [114] 1 MAK desfluran ile kalp atım hızı etkilenmezken, 1,5-2 MAK uygulandığında veya konsantrasyon arttırıldığında taşikardi ve hipertansiyonla sonuçlanacak sempatik stimülasyon olduğunu bildirmişlerdir. Weiskopf ve ark. [124] yüksek akımlı desfluran anestezisi altında yapılan nonkardiyak cerrahi vakalarında, 0,83; 1,24 ve 1,66 MAK desfluran anestezisinin, hemodinamik etkilerini incelemişlerdir. Desfluran'ın 0,83 MAK değeri ile kalp hızının değişmediğini, ancak desfluran konsantrasyonundaki hızlı artış ile 1 MAK üzerindeki desfluran konsantrasyonlarında taşikardinin belirgin hale geldiği tespit edilmiştir. Ceylan ve ark.'nın [125] yaptığı, sevofluran ve desfluran ile düşük akımlı anestezi karşılaştırılmasında her iki anestezi ajan kullanımında da peroperatif ortalama arter basıncı değişikliklerinin normal sınırlarda kaldığı ancak kalp atım hızında 15. ve 60. dakikalarda desfluran grubunun sevofluran grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durumun desfluran verildiği zaman oluşan sempatik stimülasyonun daha fazla oranda görülmesiyle ilişkili olabileceği bildirilmiştir.

Çukdar ve ark. [126] bu konuda yaptıkları çalışmalarında, indüksiyon sırasında fentanyl uyguladıkları ve anestezi idamesini düşük ve yüksek taze gaz akımlı desfluran ile sürdürdükleri çalışmalarında, hemodinamik verilerin stabil seyrettiğini ve gruplar arasında hemodinamik veriler açısından fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Yeni opioidler arasında yer alan remifentanilin volatil anesteziğin ve cerrahi uyarının neden olduğu kan basıncı ve kalp hızı artışının başarıyla engellendiği gösterilmiştir[127]. Daniel ve ark. [128] indüksiyonda verilen 1,5 mcg/kg fentanyl ile desfluran ve cerrahi insizyona karşı adrenerjik cevabın önlendiğini bildirmiştir. Kleinschmidt. ve ark., [129]. lomber disk operasyonu geçirecek, ASA I-II risk grubu hastalarda 0,25 mcg/kg/dk infüzyon hızında remifentanil ile 0,5 MAK değerinde desfluran ve sevofluran kullanmışlar, her iki

grupta da yeterli düzeyde hemodinamik stabilite sağladıklarını bildirmişlerdirBiz de çalışmamızda hem düşük TGA kullandığımız için hem de indüksiyon sırasında 2mcg/kgdan fentanyl ve entübasyondan sonra remifentanil infüzyonu kullandığımız için desflurana bağlı sempatik stimülasyon bulgularına rastlamadık ve hemodinamik verilerin stabil seyrettiğini gözlemledik.

Toğal ve ark. [130] izofluran ve desfluran ile düşük taze gaz akımlarında yaptıkları çalışmalarında, gruplar arasında hemodinamik açıdan anlamlı fark gözlenmemiştir. Aynı çalışmada ısı ve nem değiştirici gereç kullanmamalarına rağmen düşük taze gaz akımı uygulamalarında 30. dakikadan sonra düşük akımlı anestezinin ısı koruyucu etkisini, inspiryum gazlarının ısisinin korunması ile açıklamışlardır. Düşük taze gaz akımı uygulamasının, gazların ısıtılması ve vücut ısisinin korunmasında faydası vardır. Biz çalışmamızda inspiryum kolundaki sıcaklığı ölçmedik ama uzun süren açık batın operasyonlarında dahi vücut sıcaklığını korumayı başardık.

Düşük akımlı anestezinin en önemli faydalarından birisi de anestezi ajan tüketimini azaltmasıdır [131-133].

Elmacıoğlu ve ark. [134] iv indüksiyonu takiben entübasyon sonrası desfluran vaporizatörünü %4-6'ya ayarladıkları çalışmada 6-8 dk boyunca 6L/dk yüksek TGA akımı ile denitrojenasyon yaptıktan sonra hastaları TGA'na göre randomize olarak 3 gruba ayırmışlar: orta akım (2L/dk), düşük akım (1L/dk) ve minimal akım (0,5 L/dk). Her 3 grupta da desfluran vaporizatörü %3-5'e ayarlanmış ve N<sub>2</sub>O kullanılmış. Ortalama desfluran tüketimi orta akım grubunda 110,4±28 g, düşük akım grubunda 98,4 ±23,6 g ve minimal akım grubunda

79,8±17,5 g olarak ölçülmüş. Anestezi süreleri gruplara göre sırasıyla ortalama 124±32,6; 134±44,8 ve 140,5±50 dk imiş. Orta akım grubunda desfluran tüketimi diğer iki gruptan anlamlı derecede daha yüksek iken düşük akım grubunda da minimal akım grubundan anlamlı derecede daha yüksek imiş. Düşük akım grubundaki dakikalık desfluran tüketimini hesapladığımızda yaklaşık 0,7 gr/dk sonucuna ulaşırız. 1 mL desfluran yaklaşık 1,47 gr olduğunu düşünürsek çalışmamızdaki gibi 1L/dk TGA kullanılan grupta 0,48 mL/dk kullanım olduğu hesaplanır. Çalışmamızdaki ortalama desfluran tüketimi 0,33 mL/dk idi. Aradaki yaklaşık %50 farkın başlangıçtaki uyguladıkları yüksek TGA'ndan ve çalışmada belirtilmemiş olmasına rağmen muhtemelen yüksek MAK değerleri kullanmış olmalarından kaynaklanabileceğini düşünüyoruz. Kim D ve ark. [135] TGA'na göre desfluran tüketimini karşılaştırdıkları çalışmada entübasyon sonrası 5 dk boyunca 6 L/dk TGA ile %8 desfluran uyguladıktan sonra F1 grubundaki hastalara 1L/dk; F3 grubundaki hastalara 3 L/dk TGA uygulamışlar. İlk 5 dklık yüksek taze gaz akımında F1 grubunda ortalama 15 mL; F3 grubunda 14 mL desfluran tüketilmiş. 1 saatlik desfluran tüketimi F1 grubunda ortalama 54 mL iken F3 grubunda 94 mL imiş. Çalışmamızdaki gibi dakikalık tüketim hesaplanırsa 1L/dk TGA grubunda ortalama 0,9 mL/dk tüketim ortaya çıkar ki çalışmamızdaki ortalama değer olan 0,33 mL/dk ile kıyaslandığında oldukça yüksektir. Bunun nedeni başlangıçta kullandıkları yüksek TGA olabilir. Horwitz ve Jakobsson [120] bizim gibi başlangıçtan itibaren düşük akım uyguladıkları ve idamede 0,8 MAK değerini hedefledikleri çalışmalarında 1L/dk TGA uyguladıkları desfluran grubunda anestezi ajan tüketimini 0,62 g/dk (0,42 mL/dk) olarak hesaplamışlar. Bizden farklı olarak başlangıçta 1 ve 1,5 MAK değerlerine ulaşmaları nedeniyle onların çalışmalarında tüketimin daha fazla olduğunu düşünmekteyiz. Literatürde 1L/dk TGA ile anestezi uygulamalarında bizim elde ettiğimiz 0,33 ml/dk' dan daha düşük ortalama desfluran tüketimine rastlamadık.

Düşük akımlı anestezide, inhalasyon ajanının hastaya yeterli ulaşımı, hemodinamik stabilitenin sağlanabilirliği gibi endişeler dışında, düşük akımlı anestezi tekniğini rutin kullanıma geçiremeyen anesteziistleri bu yöntemden uzaklaştıran belki de en önemli etken, hastada hipoksi meydana geleceği korkusudur. DAA uygulamasında TGA düşürüldükçe taze gazın oksijen konsantrasyonu ile solutma sistemi içindeki oksijen konsantrasyonu arasında daha büyük bir farklılık oluşacağı dikkate alınmalıdır [4]. Ayrıca, yeniden solutma oranının artmasıyla inspire edilen oksijen konsantrasyonunun yüksek akımlı anesteziye göre çok daha büyük ölçüde hastaya özgü oksijen alınımı tarafından belirlendiği de akılda tutulmalıdır. DAA uygulamasında hasta güvenliğini kesin bir şekilde sağlamak için solutma sistemindeki oksijen konsantrasyonunun sürekli izleme zorunluluğu bu nedenden kaynaklanır.  $FiO_2$  de düşme riski  $N_2O$  kullanımı ile artar biz çalışmamızda  $N_2O$  kullanmadık. Çalışmamızda  $FiO_2$  takibi yaptık ve hiçbir hastada  $FiO_2$  %30' un altına düşmedi. Sadece VKİ 48 olan laparoskopik obezite cerrahisi geçiren bir hastada  $FiO_2$  değeri 75. dakikadan sonra 30 oldu, daha aşağı inmedi.

DAA ile ilgili endişelerden biri de yabancı (eser) gaz birikimidir. Akım azaldıkça sistemin yıkanması azalacağı için metan, aseton, nitrojen, hidrojen gibi gazlar birikip sistemdeki  $O_2$  konsantrasyonu azaltabilirler. Ancak uzamış düşük akımlı anestezide de bile bu gazların birikiminin klinik etkisinin olmadığı gösterilmiştir [55]. Taze gaz akımı 1L/dk nin altına düşürülmemesi ile yeterli yıkama etkisi sağlanabilir ve yabancı gaz birikimine engel olunabilir [4]. Biz de çalışmamızda 1L/dk TGA kullanımı güvenli olduğu için yabancı gaz ölçümü ihtiyacı duymadık. Hastalarda vaka sırasında ve post-op da bu gazların birikimini düşündürecek bulgulara rastlamadık.



Morite'nın [136] yaptığı 1800 hastalık bir çalışmada sürekli düşük taze gaz akımları kullanılmasına ve absorbanın yalnızca haftada bir değiştirilmiş olmasına karşın, tek bir hastada bile önemli düzeyde COHb artışı gözlenmemiştir. Biz her hastada COHb takibi yapamadık ama her vakadan sonra sodalaymı değiştirdik. Uzun süren kan gazı takibi yaptığımız vakalarda dahi COHb değerleri 2,2'nin üzerine çıkmadı, bu değer de klinik olarak anlamlı değildi. Hiçbir hastada CO zehirlenmesi semptomlarına rastlanmadı.

## SONUÇ

DAA anestezi maliyetini azaltır. İnspire edilen gazların nemlendirilmesini sağlayarak hastanın solunum sisteminde ısı ve nem kaybı minimale inmektedir böylece trakeobronşial ortamın fizyolojisi daha iyi korunmaktadır. Atık gazların oluşturduğu atmosferik kirlenmeyi azaltır, bu avantajlarına rağmen ülkemiz kliniklerinde yeterince yaygın olarak kullanılmadığını düşünmekteyiz. Bunun nedenleri arasında eski alışkanlıkların sürdürülmesi, uygulayıcıların hipoksi ve yetersiz anestezi derinliği kontrolü korkusu (FD ile Fİ arasındaki uyumsuzluk), klasik yöntemlerde tanımlanan çok basamaklı uygulamaların ilk bakışta karmaşık görünmesi ve hastaları daha yakından takip etme gereksini nedeniyle tecrübeli personel ihtiyacı yer alıyor olabilir. Biz bu kaygıların büyük kısmını ortadan kaldıracak farklı bir DAA yöntemi tanımladık.

Biz çalışmamızda, düşük akımlı anestezi uygulamasında başlangıç yüksek akım dönemi olmadan sabit taze gaz akımı 1 lt/dk kullanarak desfluran anestezisinin etkili ve basit bir yöntem olarak çok çeşitli hasta gruplarında kullanılabileceğini göstermek istedik. Bu nedenle VKİ ayırt etmeksizin 18 yaş üstü ASA I-III tüm hastaları ve 30 dk sürecek cerrahileri bile dahil ettik. İntravenöz indüksiyon sonrası hedeflediğimiz 0,7 MAK değerine ulaşmak için gereken sürede yeterli anestezi derinliğinin devam ettiğinden emin olmak için BİS monitörizasyonu kullandık MAK07' ye tüm hastalarda 2 dk ile 4,3 dk arasında ulaştık (ort.2,9 ±0,5dk). MAK 07 değerine ulaşıncaya kadar geçen sürede hiçbir hastada BİS değeri 60'ın üzerine çıkmadı. Cerrahi başlangıcındaki MAK değerleri 0,6 ve 0,8; BİS değerleri 21 ile 59 arasında değişmekteydi. Operasyonlar boyunca BIS değerleri ortalama 35,5 ile 40,3 arasında; MAK değerleri ortalama 0,6-0,8 arasında seyretti. Anestezi derinliği bu değerler arasında sürdürülürken 67 hastada vaporizatörü ayarında hiçbir değişikliğe ihtiyaç duyulmadı, 24 hasta 1 kez, 7 hastada 2 kez, 2 hastada 3 kez değişiklik yapıldı. Toplam cerrahi süresinin 10.615 dk

olduđu dūřınđlecek olursa ortalama her 241 dakikada bir kez vaporizatđr ayarında deđiřiklik gerekmektedir ki bu oldukça pratiktir.

Uzun sđren cerrahilerde dahi  $FiO_2$  %30'un altına inmedi. Hastalarda desflurana bağlı sempatik stimđlasyonu dđřđndđrecek hemodinamik değişiklikler izlenmedi. Anestezik ajan tđketimi yđnđnden de uyguladığımız yđntem oldukça başarılıydı. Ortalama desfluran tđketimi 0,33 mL/dk olarak đlçđldđ ki biz literatđrde 1 L/dk TGA ile anestezi uygulamalarında daha dđřđk bir değere rastlamadık.

Biz alışmamızda uyguladığımız 1L/dk sabit TGA ile dđřđk  $ak_{121}$  desfluran anestezisi yđnteminin kolay uygulanabilir, etkili, gđvenli ve ekonomik bir yđntem olduğunu dđřđnmekteyiz. Bu nedenle bu pratik yđntemin DAA uygulanmasının yaygınlaşmasına katkıda bulunacağını đmit etmekteyiz.

## KAYNAKLAR

1. Baum JA. Low-flow anaesthesia: The sensible and judicious use of inhalation anaesthetic M105. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997; 41: 264-267.
2. Vecil M, Di Stefano C, Zorzi F. Low flow, minimal flow and closed circuit system inhalational anesthesia in modern clinical practice. *SignaVitae* 2008;3 (suppl 1):33–6. 3. Baxter AD. Low and minimal flow inhalational anaesthesia. *Can J Anaesth* 1997;44(6):643-52.
3. Patel SS, Goa KL. Desflurane. A review of its pharmacodynamic and pharmacokinetic properties and its efficacy in general anaesthesia. *Drugs* 1995;50(4):742–67.
4. Baum J.A. (2002). Düşük akımlı anestezi, minimal akımlı ve kapalı sistemle anestezi kuram ve uygulama. (Tomatır E.,Çev.) İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri.( Orjinal Basım Tarihi 2000).
5. Tomatır E, Sabuncu C, Şentürk Y: İnhalasyon anesteziinde güncel yöntem: Kapalı devre. *Anestezi Dergisi*, 5:95-100, 1997.
6. Arkan A, Kuvaki B: Azaltılmış taze gaz akımlı anestezi yöntemleri. *Anestezi Dergisi*, 9: 1-18, 2001.
7. Baum JA: What does the term, low flow anaesthesia mean? In:Baum JA (Ed): *Low-Flow Anaesthesia with Drager Machines*, 2. Edition, Dragerwerk AG,Lübeck, 1993;8.
8. Baker AB: Low flow and closed circuits (editorial). *Anaesth Intens Care*,2:341-42, 1994.
9. Foldes F, Ceravolo A, Carpenter S. The administration of nitrous oxide – oxygen anesthesia in closed systems. *Ann Surg.* 1952;136:978-81.

10. Virtue RW. Toward closed system anesthesia. *Anaesthesist*. 1977 Sep;26(9):454-6.
11. Grote B, Adolphs A, Merten G. Inhalationsnarkose im low-flowsystem. in geschlossenes system für inhalationsnarkosen, Internationales Symposium Düsseldorf, 1982; 7-8.
12. Foldes FF and Duncalf D. Low flow anesthesia: a plea for simplicity. In Lawin P, van Aken H and Schneider U, eds, *Alternative Methoden in der Anästhesie*. INA-Schriftenreihe, BD. 50. Thieme, Stuttgart, 1985, pp.1-7.
13. Ernst EA. Closed circuit anesthesia. In list FW and Schalk HV, eds, *Refresher-Kurs ZAK 85*. Akademische Druck-und Verlagsanstalt, Graz 1985, 127-137.
14. Nunn JF. Techniques for induction of closed circuit anesthesia. In Aldrete JA, Lowe HJ and Virtue RW, eds. *Low Flow and Closed Circuit Anesthesia*. Grune and Stratton, New York, 1979, pp, 3-10.
15. Barton F and Hunn JF. Totally closed circuit nitrous oxide/Oxygen anaesthesia. *Br J Anaesth* 1975; 47, 350-357.
16. Weingarten M. Low flow and closed circuit anesthesia. In Aldrete JA, Lowe HJ and Virtue RW, eds, *Low Flow and Closed Circuit Anesthesia*. Grune and Stratton, New York, 1979, pp. 67-74.
17. Wallroth CF. Technical conception for an anesthesia system with electronic metering of gases and vapors. *Acta Anaesth Belg* 1984; 35, 279-293.
18. Versichelen L and Rolly G. Mass-spectrometric evaluation of some recently introduced low flow, closed circuit systems. *Acta Anaesth Belg* 1990; 41, 225-237.
19. Westenskow DR and Wallroth DF. Closed-loop control for anesthesia breathing systems. *J Clin Monit* 1990; 6, 249-256.

20. Wallroth CF, Jaklitsch R and Wied. HA. Technical realisation of quantitative metering and ventilation. In van Ackern K, Frankenberger H, Konecny E and Steinbereithner K, eds. Quantitative Anaesthesia: Low Flow and Closed Circuit. Anesthesiologie und Intensivmedizin, Bd. 204. Springer, Berlin, 1989, pp. 96-108.
21. Moyle JTB, Davey A and Ward CS. Ward's Anaesthetic Equipment. 4th edn. W.B. Saunders, London, 1998.
22. Ehrenwerth J and Eisenkraft JB. Anesthesia Equipment. Principles and Applications. Mosby, St. Louis, 1993.
23. Dorsch JA and Dorsch SE. Understanding Anesthetic Equipment. Construction, Care and Complications. 3rd. edn. Williams and Wilkins, Baltimore, 1994.
24. CEN-Comite Europeen de Normalisation, ed. Anaesthetic Workstations and their modules- Particular requirements. EN 740. Brussels, 1998.
25. Philip, J. H. (1993). Closed circuit anesthesia. Anesthesia Equipment, Principles and Applications. St. Louis: Mosby, 617-635.
26. Frankenberger H. Monitoring während Narkosen mit reduziertem Frischgasfluss. In Lawin P, van Aken H and Schneider U, eds, Alternative Methoden der Anästhesie, INA-Schriftenreihe, Bd. 50. Thieme, Stuttgart, 1985, pp. 19-32.
27. Nunn J F. Monitoring of totally closed systems. In Aldrete JA, Lowe HJ and Virtue RW, eds, Low flow and Closed System Anesthesia. Grune and Stratton, New York 1979, pp. 199-209.
28. American Society of Anesthesiologists (ASA). Standards for basic anesthetic monitoring. In Miller RD, ed., Anesthesia, 5th edn. Churchill Livingstone, Philadelphia, 1999, p. 1468-1469.

29. WFSA. International standards for a safe practice of anaesthesia. Eur J Anaesth 1993; 10, 12-15.
30. Schmucker P (1989/1995) Qualitätssicherung in der Anesthesiologie. Fortschreibung der Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Anesthesiologie und Intensivmedizin und des Berufsverbandes Deutscher Anesthesisten (Anasth Intensivmed 30/1989: 307-314)." Anasth Intensivmed 250 (1995).
31. Whitcher, Charles, et al. "Anesthetic mishaps and the cost of monitoring: a proposed standard for monitoring equipment." Journal of clinical monitoring 4.1 (1988): 5-15.
32. Baum J Die Messung der Anesthesiemittelkonzentration. Anasth Intensivmed 1991; 32, 284-286.
33. American Society for Testing and Materials, ed. ASTM designation: F 1161-88: Standard Specification for Minimum Performance and Safety Requirements for Components and Systems of Anesthesia Gas Machines. ASTM Standards, 1988, pp. 509-532.
34. Winter A and Spence AA. An International Consensus on Monitoring? Br Anaesth 1990; 64, 263-266.
35. Spieb W. Narkose im geschlossenen System mit kontinuierlicher inspiratorischer Sauerstoffmessung. Anaesthesist 1977; 26, 503-513.
36. Whitcher C. Monitoring of anesthetic halocarbons: self-contained (standalone) equipment. Sem Anesth 1986; 5, 213-223.
37. Jantzen JPAH. Monitoring der Narkosebeatmung. In Jantzen JPAH and Klemann PP, eds, Narkosebeatmung: Low Flow, Minimal Flow, Geschlossenes System. Schattauer, Stuttgart, 1989, pp. 25-47.

38. Lotz P. Sicherheitstechnische Aspekte bei der Anwendung medizinischtechnischer Geräte im Krankenhaus. *Mt- Medizintechnik* 1984; 104, 133-137.
39. Baum J. Kapnometrie und Kapnographie als Sicherheitsfaktoren in der Anästhesie. *Anaesthesiol Reanimat* 1991; 16, 12-22.
40. Baum J, Enzenauer J, Krause Th and Sachs G. Atemkalk-Nutzungsdauer.Kosten und Verbrauch in Abhängigkeit vom Frischgasflub. *Anaesthesiol Reanimat* 1993; 18, 108-113.
41. Romano, E., Pegoraro, M., Vacri, A., Pecchiari, C., & Auci, E. (1992). Low-flow anaesthesia systems, charcoal and isoflurane kinetics. *Anaesthesia*, 47(12), 1098-1098.
42. Ernst, E. A. (1982). Use of charcoal to rapidly decrease depth of anesthesia while maintaining a closed circuit. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 57(4), 343-343.
43. Ernst, E. A., & Spain, J. A. (1983). Closed-circuit and high-flow systems: examining alternatives. *Contemporary anesthesia practice*, 8, 11-38.
44. Morita, S., Latta, W., Hambro, K., & Snider, M. T. (1985). Accumulation of methane, acetone, and nitrogen in the inspired gas during closed-circuit anesthesia. *Anesthesia & Analgesia*, 64(3), 343-347.
45. Baum J, v.Legat M and Leier M.The carbon monoxide story.*Eur Anaesth* 1997;57-58.
46. Aldrete JA and Virtue RW.Prolonged inhalation of inert gases by rats.*Anesth analg* 1967;46, 562-565.
47. Morita S, Toyooka H and Nagase M. Hydrogen accumulation in closed circuit.*Jpn J Anesth* 1985; 34,468-472.



48. Kharasch, E. D. (1999). Putting the brakes on anesthetic breakdown. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 91(5), 1192-1192.
49. Schreiber, P. (1985). Safety guidelines for anesthesia systems. North American Dräger.
50. Ahnefeld FW, Kilian J and Friesdorf W. Sicherheit und Instandhaltung medizinisch-technischer Geräte. *Anasth Intensivmed* 1981; 22, 291-308.
51. Schreiber P and Schreiber JM. Electronic surveillance during anesthesia. North American Draeger, Telford, 1986.
52. Lunn JN and Mushin WW. Mortality Associated with Anaesthesia. Nuffield Provincial Hospitals Trust, London, 1982.
53. Calkins JM. Why new delivery systems? In Brown BR, ed., *Future Anesthesia Delivery Systems. Contemporary Anesthesia Practice*, vol. VIII. Davies, Philadelphia, 1984; pp. 3-9.
54. Keats AS. What do you now about anesthetic mortality? *Anesthesiology* 1979; 50, 387-392.
55. Baumgarten RK and Reynolds WJ. Much ado about nothing: trace gaseous metabolites in the closed circuit. *Anesth Analg* 1985; 64, 1029-1030.
56. Eger EI: Economic analysis and pharmaceutical policy: A consideration of the economics of the use of desflurane . *Anaesthesia*. 1995; 50 (suppl): 45-48.
57. Aldrete JA, Cubillos P and Sherrill D. Humidity and temperature changes during low flow and closed system anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1981; 25, 312- 314.

58. Kleemann PP, Schickel BK and Jantzen JPAH. Heated breathing tubes affect humidity output of circle absorber systems, *J Clin Anaesth* 1993; 5, 463-467.
59. Bengtson JP, Bengtson A and Stenqvist O. The circle System as a humidifier. *Br J Anaesth* 1989; 63, 453-457.
60. Bilgi M, Goksu S, Mizrak A, "Comparison of the effects of low-flow and high-flow inhalational anaesthesia with nitrous oxide and desflurane on mucociliary activity and pulmonary function tests." *European Journal of Anaesthesiology (EJA)* 28.4 (2011): 279-283.
61. Kleemann PP. Tierexperimentelle und klinische untersuchungen zum Stellenwert der Klimatisierung anasthetischer Gase im Narkosekreissystem bei Langzeiteingriffen. Wissenschaftliche Verlagsabteilung Abbott GmbH, Wiesbaden, 1989.
62. Kleemann PP. Humidity of anesthetic gases with respect to low flow anaesthesia *Anaesth Intens Care* 1994; 22, 396-408.
63. Imrie MM and Hall GM. Body temperature and anaesthesia. *Br J Anaesth* 1990; 64, 346-354.78.
64. Stone DR, Downs JB, Paul WL and Perkins HM. Adult body temperature and heated humidification of anesthetic gases during general anesthesia. *Anesth Analg* 1981; 60, 736-741.
65. Aldrete JA. Closed circuit anesthesia prevents moderate hypothermia occurring in patients having extremity surgery, *The Circular* 1987; 4, 3-4.
66. Möllhoff T, Burgard G, Prient T: Low-flow and minimal-flow anesthesia using the laryngeal mask airway. *Eur J Anaesth*, 13 :456-62, 1996.
67. Baum JA: How much extra soda-lime is used in low-flow anaesthesia? In: Baum JA (Ed): *Low-Flow Anaesthesia with Dräger Machines*, 2. Edition, Drägerwerk AG, Lübeck, 1993;44.

68. Gowrhe-Mohan S, Chakrabarti MK, Lockwood GG: The estimation of inspired isoflurone concentration in a low flow system. *Anaesthesia*, 50:706-8, 1995.
69. Eger El II: Desflurane(Suprane). A Compendium And Reference. Physical properties. The Health Publishing Group, Inc.,Rutherford 1993: 6-9. .
70. Smiley M.R: An Overview of Induction and Emergence Characteristics of Desflurane in Pediatric, Adult and Geriatric Patients. *Anesth Analg*. 1992; 75: 38-46. .
71. Leung J, Pastor D: Dissociation Between Haemodynamics and Sympathetic Activation During Anaesthetic Induction With Desflurane. *Can J of Anaesthesia*.1998; 45: 533-540. .
72. Lockhart S.H., Rampil I.J., Yasuda N.,Eger E.,Weiskopf R.B: Depression of Ventilation by Desflurane in Humans. *Anesthesiology*. 1991; 74: 484-488.
73. Jones R.M., Cashman J.N., Mant T.G.K: Clinical Impressions and Cardiorespiratory effects of a New Fluorinated Inhalation Anaesthetic, Desflurane(I-653), in Volunteers. *Br J Anaesth*. 1990; 64:11-15.
74. Luginbuehl I. A., Fredrickson M.J., Karsli C., Bissonette B: Cerebral blood flow velocity in children anaesthetized with desflurane. *Paediatr Anaesth*. 2003; 13 :496-500. .
75. Bazin J. E: Effects of anesthetic agents on intracranial pressure. *Ann Fr Anaesth Reanim* 1997;16: 445-452.
76. Ornstein E, Young W.L., Fleischer L.H., Ostapkovich N: Desflurane and isoflurane have similar effects on cerebral blood flow in patients with intracranial mass lesions. *Anesthesiology*. 1993; 79: 498-502.
77. Lutz L.J., Milde J.H: The cerebral functional, metabolic and hemodynamic effects of desflurane in dogs. *Anesthesiology*. 1990; 73; 125-131. .

78. Hoffman W. E., Edelman G: Comparison of isoflurane and desflurane anesthetic depth using burst suppression of the electroencephalogram in neurosurgical patients. *Anesth Analg.* 1995; 81: 811-816. .
79. Eger El II: Desflurane(suprane). A compendium and reference. Effects of desflurane on the liver. He health publishing group, Inc.,Rutherford. 1993; 70-73. .
80. Berry P.B., Sesler D.I. ,Larson M.D: Severe carbon monoxide poisoning during desflurane anesthesia. *Anesthesiology.* 1999; 90: 613-616.)
81. Baxter P.J, Kraharsch E: Rehydration of desiccated baralym prevents carbon monoxide formation from desflurane in anesthesia machine. *Anesthesiology.* 1997; 86:1061-1065. .
82. Frink E.J.Jr, Nogami W.M., Morgan S.E., Salmon R.C: High carboxy hemoglobin concentrations occur in swine during desflurane anesthesia in the presence of partially dried carbon dioxide absorbents. *Anesthesiology.* 1997; 87: 308-316. .
83. Wissing H, Kuhn I, Warnken U, Dudziak R: Carbon monoxide production desfluran, enflurane, halothane, isoflurane and sevoflurane with dry sodalime. *Anesthesiology.* 2001; 95: 1205-1212. .
84. Woehlck H.J., Dunning M.B.III, Raza T., et al: Physical factors affecting the production of carbon monoxide from anesthetic breakdown. *Anesthesiology.* 2001; 94: 453-456. .
85. Fang Z.X., Eger II El., Chortkoff B.S., Kandel L. and Ionescu P: Carbon monoxide production from degradation of desflurane, enflurane, isoflurane, halothane and sevoflurane by sodalime and baralyme. *Anesth Analg.* 1995; 80:1187-1193.

86. Murray J.M., Renfrew C.W., Bedi A., McCrystal C.B., Jones D.S. and Fee J.P.H: Amsorb: A new carbon dioxide absorbent for use in anesthetic breathing systems. *Anesthesiology*. 1999; 91: 1342-1348. .
87. Vegfors M., Lennmarken C: Carboxyhemoglobinemia and pulse oximetry. *Br J Anaesth* 1991; 66: 625-626. .
88. Baum J, Berghoff M, Stanke HG, Petermeyer M, Kalff G. Low- ow anesthesia with des urane. *Anaesthesist*. 1997;46(4):287–293. .
89. Lee, D. J., Robinson, D. L., & Soni, N. (1996). Efficiency of a circle system for short surgical cases: comparison of desflurane with isoflurane. *British journal of anaesthesia*, 76(6), 780-782.
90. Esener Z. *Klinik Anestezi*. Logos Yayıncılık, İstanbul 1997; ss 59-85.
91. Katoh T, Ikeda K. The minimum alveolar concentration of sevoflurane in humans. *Anesthesiology* 1987; 66:301-303.
92. The Joint Commission. Sentinel event alert: preventing, and managing the impact of, anesthesia awareness. Issue 32. October 6, 2004. ([http://www.pmhhd.org/ Medical Staff/documents/SentinelAlertIssue32\\_Preventingandmanagingthe impactofanesthesiaawareness\\_Joi.pdf](http://www.pmhhd.org/MedicalStaff/documents/SentinelAlertIssue32_Preventingandmanagingtheimpactofanesthesiaawareness_Joi.pdf).)
93. Leslie K, Chan MT, Myles PS, Forbes A, McCulloch TJ. Posttraumatic stress disorder in aware patients from the B-Aware trial. *Anesth Analg* 2010;110:823-8.
94. Phillips AA, McLean RF, Devitt JH, Harrington EM. Recall of intraoperative events after general anaesthesia and cardiopulmonary bypass. *Can J Anaesth* 1993; 40:922-6.

95. Ranta S, Jussila J, Hynynen M. Recall of awareness during cardiac anaesthesia: influence of feedback information to the anaesthesiologist. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996;40:554-60. .
96. Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MT. Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial. *Lancet* 2004;363:1757-63. .
97. Ghoneim MM, Block RI, Haffarman M, Mathews MJ. Awareness during anesthesia: risk factors, causes and sequelae: a review of reported cases in the literature. *Anesth Analg* 2009;108:527-35.
98. Landrigan CP, Parry GJ, Bones CB, Hackbarth AD, Goldmann DA, Sharek PJ. Temporal trends in rates of patient harm resulting from medical care. *N Engl J Med* 2010;363:2124-34. [Erratum, *N Engl J Med* 2010;363:2573.].
99. Walder B, Lauber R, Zbinden AM. Accuracy and cross-sensitivity of 10 different anesthetic gas monitors. *J Clin Monit* 1993;9:364-73. .
100. Eger EI II. Age, minimum alveolar anesthetic concentration, and minimum alveolar anesthetic concentration-awake. *Anesth Analg* 2001;93:947-53.
101. Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, et al. Anesthesia awareness and the bispectral index. *N Engl J Med* 2008;358:1097-108. .
102. Fabregas N, Gambus PL, Valero R. Can bispektral index monitoring predict recovery of consciousness in patients with severe brain injury?. *Anesthesiology*.2004 Jul;101(1):43-51.
103. Scott D, Greenwald . Development of the EEG Bispectral index. *Aspect Medical Systems, Inc., Natick, MA, USA*.
104. Tempe DK. In sourche of a reliable awereness monitor. *Anesth Analg*. 2001.

105. Yılmaz A. Bispektral İndeks. Güncel Anestezi, [www.guncelanestezi.org](http://www.guncelanestezi.org).
106. Abke J, Nahm W, Stockmanns G et al. Detection of inadequate anesthesia by EEG power and bispectral analysis. *Anesthesiology* 1996; 85: (suppl 3A): A477.
107. Rosow C, Manberg PJ. Bispectral index monitoring. *Anesth Clin N Am* 1998; 2:89-107
108. Stanski DR. Monitoring depth anesthesia. In: Miller RD (ed). *Anesthesia*. Churchill Livingstone Inc, New York, 2000: 1087-116
109. Gan TJ, Glass PS, Windsor A, Payne F (1997). BIS monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil and nitrous oxide anesthesia. BIS Utility Study Group. *Anesthesiology*; 87: 808-815. .
110. Vickers MD, O'Flaherty D, Szekely SM, et al: Tramadol; pain relief by an opioid without depression of respiration. *Anaesthesia* 47: 291-96;1992.
111. Tsai PS, Huang CJ, Hung YC, Cheng CR: Effects on the Bispectral Index during Elective Caesarean Section: A Comparison of Propofol and Isoflurane. *Acta Anaesthesiol Sin* 2001;39:17-22. .
112. Shimizu T, Abe K, Kinouchi K, et al: Arterial oxygenization during one lung ventilation. *Can J Anest* 1997; 44: 1162-6. .
113. Morgan G. E., Mikhail M. S., Murray M. J. (2004:127). *Klinik Anesteziyoloji* (3. Baskı). .
114. Ebert T.J., Frink E.J., Kharasch E.D: Absence of biochemical evidence for renal and hepatic dysfunction after 8 hours of 1,25 minimum alveolar concentration sevoflurane anesthesia in volunteers. *Anesthesiology*. 1998; 88: 601-610.

115. Boldt J, Jaun N, Kumle B, Heck M, Mund K. Economic considerations of the use of new anesthetics: a comparison of propofol, sevoflurane, desflurane, and isoflurane. *Anesth Analg* 86:504–509, 1998.
116. Kushida A, Murao K, Kimoto M, Nakao S, Shingu K. Fentanyl shows different effects by administration routes on bispectral index during spinal anesthesia in patients undergoing cesarean section. *Anesth Analg* 55:1393-1397, 2006. .
117. Mapleson WW. The theoretical ideal fresh-gas flow sequence at the start of low-flow anaesthesia. *Anaesthesia* 1998; 53:264-72.
118. Lerou JG, Booij LH. Model-based administration of inhalation anaesthesia. 1. Developing a system model. *Br J Anaesth* 2001;86: 12-28. .
119. Ip-Yam PC, Goh MH, Chan YH, Kong CF. Clinical evaluation of the Mapleson theoretical ideal fresh gas flow sequence at the start of low-flow anaesthesia with isoflurane, sevoflurane and desflurane. *Anaesthesia* 2001; 56: 160-4.
120. Horwitz M, Jakobsson JG. Desflurane and sevoflurane use during low- and minimal-flow anesthesia at fixed vaporizer settings. *Minerva Anesthesiol* 2016;82:180-5.
121. Hendrickx JF, Dewulf BB, De Mey N, et al. Development and performance of a two-step desflurane-O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O fresh gas flow sequence. *J Clin Anesth.* 2008;20(7):501–507.
122. Sathitkarnmanee T, Tribuddharat S, Nonlhaopol D, Thananun M, Somdee W. 1-1-12 one-step wash-in scheme for desflurane low flow anesthesia: performance without nitrous oxide. *Drug Design, Development and Therapy.* 2015;9:977-981.
123. Van Zundert T, Hendrickx J, Brebels A, De Cooman S, Gatt S, De Wolf A. Effect of the mode of administration of inhaled anaesthetics on the interpretation of the F(a)/ F(I) curve--a GasMan simulation. *Anaesth Intensive Care* 2010; 38:76-81.



124. Weiskopf R.B., Cahalan M.K., Eger II EI., Yasuda N., Rampil I.J., Ionescu P., et al. Cardiovascular actions of desflurane in normocarbic volunteers. *Anesth Analg* 1991; 73: 143-156.
125. Ceylan, Ayşegül, et al. "Comparison of Arterial Carboxyhemoglobin, Hemodynamic and Recovery Characteristics of Low Flow Desflurane and Sevoflurane Anesthesia." *Gulhane Medical Journal* 46.4 (2004): 291-297.
126. Çukdar G, Özkoçak Turan I, Ayoğlu H et al. Düşük ve yüksek akımlı desfluran anestezisinin hemodinami ve anestezi gaz tüketimi üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Türk Anest Rean Der Dergisi* 2008;36:222-9.4. .
127. Kovac, Anthony L., et al. "Remifentanil versus alfentanil in a balanced anesthetic technique for total abdominal hysterectomy." *Journal of clinical anesthesia* 9.7 (1997): 532-541.
128. Daniel M., Weiskopf R. B., Noorani M., Eger II EI., Fentanyl augments the blockade of the sympathetic response to incision (MAC-BAR) produced by desflurane and isoflurane. *Anesthesiology* 1998; 88: 43-49. .
129. Kleinschmidt S., Grundmann U., Rauber K: Anesthesia with remifentanil combined with desflurane or sevoflurane in intervertebral disc operations. *Anaesthesiol Reanim* 2000; 25: 151-157. .
130. Toğal T., Ayas A., Demirbilek S., Gedik E., Köroğlu A: Düşük akımlı anestezide izofluran ve desfluran ile vücut ağırlığına göre uygulanan taze gaz akımlarının karşılaştırılması. *TARD Dergisi*. 2004; 32: 91-92. .
131. Eger EI, White PF, Bogetz MS. Clinical and economic factors important to anaesthetic choice for day-case surgery. *Pharmaco- economics* 2000; 17: 245-62.

132. Weiskopf RB, Eger EI 2nd. Comparing the costs of inhaled anesthetics. *Anesthesiology* 1993; 79: 1413-8.
133. Ekbom K, Assareh H, Anderson RE, Jakobsson JG. The effects of fresh gas flow on the amount of sevoflurane vaporized during 1 minimum alveolar concentration anaesthesia for day surgery: a clinical study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007; 51: 290-3. .
134. Elmacıoğlu M.A., Göksu S., Koçoğlu H., et al: Effect of flow rate on hemodynamic parameters and agent consumption in low-flow desflurane anesthesia: An open labels prospective study in 90 patients. *Current Therapeutic Research*. 2005; 66: 4-12.
135. Kim D, Son JS, Lee JR, Jang E, Ko S. A comparison of desflurane consumption according to fresh gas flow. *Korean J Anesthesiol*. 2014 Dec; 67(Suppl): 13–14.
136. Morite S. Inspired gas contamination by non-anesthetic gases during closed circuit anesthesia. *Circular* 1985; 2, 24-25.