



T.C

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**DÜŞÜK AKIM ANESTEZİSİ UYGULANAN HASTALARDA
END-TİDAL KONTROLÜN MANUEL KONTROLLÜ TEKNİĞE GÖRE
KLİNİK VE SEVOFLURAN KULLANIMININ FARMAKOEKONOMİK
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Zübeyde ATEŞOĞLU YARDIMCI

UZMANLIK TEZİ

TOKAT

2021



T.C

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**DÜŞÜK AKIM ANESTEZİSİ UYGULANAN HASTALARDA
END-TİDAL KONTROLÜN MANUEL KONTROLLÜ TEKNİĞE GÖRE
KLİNİK VE SEVOFLURAN KULLANIMININ FARMAKOEKONOMİK
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Zübeyde ATEŞOĞLU YARDIMCI

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Serkan KARAMAN

TOKAT

2021

TEŞEKKÜR

Asistanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile yetişmemde emeği geçen, kendileri ile çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım Prof. Dr. Serkan Karaman başta olmak üzere tez çalışmalarım sırasında önemli katkı ve yönlendirmeleri olan Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD Başkanımız Prof. Dr. Mustafa Süren ve her zaman desteklerini hissettiğim değerli hocalarım Doç. Dr. Tuğba Karaman, Doç. Dr. Hakan Tapar, Dr. Öğr. Üyesi Mehtap Gürler Balta, Anesteziyoloji ve Reanimasyon kliniğimizde birlikte çalışmaktan ve yorulmaktan çok keyif aldığım asistan arkadaşlarıma ve onlarla tanıştığım için kendimi şanslı saydığım anestezi tekniker, ameliyathane ve yoğun bakım personeli arkadaşlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Bu günlere gelmemde en büyük payı olan, hayatımın her anında yanımda olan annem, babam, kardeşime, biricik canım kızım Asya'ya ve eşim Op. Dr. Erdem Can Yardımcı'ya, sevgi ve destekleri ile daima yanımda olduklarını hissettiğim eşimin ailesine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Zübeyde ATEŞOĞLU YARDIMCI

ÖZET

Düşük akımlı anestezinin tercih edilme sebepleri arasında ekonomik ve çevresel faktörler yer almaktadır. Düşük ve minimal akımlı anestezide güvenli anestezi sağlamak için manuel kontrollü mekanik ventilatör modunda sürekli monitor takibi ve inhaler ajan dozunun çok sayıda manuel olarak ayarlanmasını gerektirmektedir. Oksijen akış hızı ve inhaler ajanın uygulama yönetimi mekanik ventilatörün end-tidal kontrollü modu ile otomatik olarak kontrol edilebilir. Biz bu çalışmamızda düşük akım (0,5 L/dk) anestezide End-Tidal kontrollü (ETK) tekniğin Manuel kontrollü (MK) tekniğe göre klinik açıdan ve anestezi ajan maliyeti açısından üstün olduğu hipotezini araştırdık.

Etik kurul onayının (20-KAEK-196) alınmasının ardından Genel Anestezi Altında (GAA) operasyon geçirecek olan 18-65 yaş aralığında, ASA (Amerikan Anesteziyoloji Derneği) sınıflamasına göre ASA I ve ASA II olarak değerlendirilen toplam 100 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya alınan tüm hastalar düşük akım anestezisinde kullanılan kontrol tekniğine göre (Grup 1) End-Tidal Kontrollü, (Grup 2) Manuel Kontrollü olarak iki gruba ayrılarak, bu iki grup arasında intraoperatif mekanik ventilatöre müdahale sayısı, hedeflenen sevofluran düzeyine ulaşma süresi, sevofluran tüketimi, hemodinamik parametreler, volatil ajanın kapatılmasından ekstübasyona kadar olan süreler gibi parametreler açısından farklılık olup olmadığı incelenmiştir.

Grup 1 ve Grup 2 cinsiyet, sigara kullanımı, boy ve kilo gibi demografik veriler ile ASA skoru açısından benzerdi. Manual kontrol grubunda, end-tidal kontrol grubuna göre hedef sevofluran ve hedef oksijen için geçen süre daha yüksek bulunmuştur.

Gruplar arası karşılaştırıldığında sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre manual kontrol grubunda, end-tidal kontrol grubuna göre daha uzun olduğu görüldü. Manual kontrol grubunda anesteziist tarafından müdahale sayısı ortalama 5,17 bulunmuşken, end-tidal kontrol grubunda hiç müdahale gerekmemiştir.

Her iki grup kıyaslandığında, ilk 1 saat boyunca takip edilen tansiyon, nabız, saturasyon ve entropi değerleri açısından benzerdi. Sevofluran tüketimi (ml/dk) olarak gruplar arası karşılaştırıldığında ise anlamlı bir fark gözlenmedi.

Düşük akımlı anestezide manuel kontrollü veya end-tidal kontrollü teknikler sevofluran tüketim maliyetini etkilememektedir. Ancak, hedeflenen anestezik ajan konsantrasyonuna daha hızlı ulaşılması, hastanın ekstübasyon süresinin daha kısa olması ve anesteziist tarafından müdahalenin az olması nedeniyle hasta takibi sırasında daha konforlu olması ile end-tidal kontrollü tekniğin manuel kontrollü tekniğe göre daha üstün olduğu kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Düşük akımlı anestezi, end-tidal kontrollü, manual kontrollü, sevofluran, tüketim



ABSTRACT

Economic and environmental factors are among the reasons why low-flow anesthesia is preferred. In order to ensure safe anesthesia with manual controlled mechanical ventilator mode low and minimal flow anesthesia, requires continuously monitor tracking and multiple manual adjustments of inhaler agent dose. Oxygen flow rate and administration management of the inhaler agent can be automatically controlled by the mechanical ventilator's end-tidal controlled mode. In this study, we investigated the hypothesis that the End-Tidal controlled technique in low flow (0,5 L/min) anesthesia is superior to the Manual controlled technique in terms of clinical and anesthetic agent cost.

After the the ethics committee approval, a total of 100 patients between the ages of 18–65, who will be operated under General Anesthesia, evaluated as ASA I and ASA II according to the classification of the American Society of Anesthesiology, were included in the study. All patients included in the study were divided into two groups as (Group 1) End-Tidal Controlled and (Group 2) Manual Controlled, according to the control technique used in low flow anesthesia. It was investigated whether there was a difference between these two groups in terms of parameters such as the number of adjustments to the intraoperative mechanical ventilator, the time to reach the target sevoflurane level, the consumption of sevoflurane, hemodynamic parameters, the times from closure of the volatile agent to extubation.

Group 1 and Group 2 were similar in terms of demographic data such as gender, smoking, height and weight, and ASA score. The time taken for target sevoflurane and target oxygen was found to be higher in the manual control group than in the end-tidal control group.

When the groups were compared, it was observed that the time from sevoflurane closure to extubation was longer in the manual control group than in the end-tidal control group. The time taken for target sevoflurane and target oxygen was found to be higher in the manual control group than in the end-tidal control group.

When the groups were compared, it was observed that the time from sevoflurane closure to extubation was longer in the manual control group than in the end-tidal control group. While the mean number of adjustments by the anesthetist

was 5,17 in the manual control group, no adjustment was required in the end-tidal control group.

The both of groups were similar in terms of blood pressure, heart rate, saturation and entropy values followed during the first hour. When the consumption of sevoflurane (ml/min) was compared between the groups, no significant difference was observed.

Consequently manually controlled or end-tidal controlled techniques in low-flow anesthesia do not affect the cost of sevoflurane consumption. However, we believe that the end-tidal-controlled technique is superior to the manual-controlled technique, as the targeted anesthetic agent concentration is reached faster, the patient's extubation time is shorter, and the patient is more comfortable during the follow-up due to the less adjustment by the anesthesiologist.

Keywords: Low flow anesthesia, end-tidal controlled, manual controlled, sevoflurane, consumption

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	2
2.1. Solutma sistemleri	2
2.1.1 İşlevsel özelliklerine göre solutma sistemleri	2
2.1.1.1 Açık solutma sistemleri	2
2.1.1.2 Yarı-açık solutma sistemleri	2
2.1.1.3 Yarı-kapalı solutma sistemleri	2
2.1.1.4 Kapalı solutma sistemleri	3
2.1.2 Teknik açıdan solutma sistemleri	3
2.1.2.1 Anestezik Gaz Rezervuarı Olmayan Solutma Sistemleri	3
2.1.2.2 Yeniden solutmasız sistemler	4
2.1.2.2.1 Akım denetimli yeniden solutmasız sistemler	4
2.1.2.2.2 Valv denetimli yeniden solutmasız sistemler	5
2.1.2.3 Yeniden Solutmalı Sistemler	6
2.1.3.Karbondioksit absorbanları	6

2.2.Düşük Akımlı Anestezi	7
2.2.1.Tarihçe	7
2.2.2.Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Yöntemleri	8
2.2.3.Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Uygulaması İçin Teknik Gereksinimler	11
2.2.4.Düşük Akımlı Anestezi Uygulamalarının Avantajları	11
2.2.5.Düşük Akımlı Anestezi Uygulamalarının Riskleri	14
2.2.6.Düşük akımlı anestezinin kontrendikasyonları	18
2.2.6.1.Rölatif kontrendikasyonlar	18
2.2.6.2.Mutlak kontrendikasyonlar	18
2.2.7.Düşük Akımlı Anestezide End-Tidal Kontrol Tekniğinin Çalışma Teorisi	19
2.3.Sevofluran	19
2.3.1.İndüksiyon ve uyanma	20
2.3.2.Absorbanlarla reaksiyonu	21
2.4.Anestezi Derinliğinin Monitorizasyonu	22
3.GEREÇ ve YÖNTEM	25
4.BULGULAR	27
5.TARTIŞMA	40
6.SONUÇ	47
7.KAYNAKLAR	48

KISALTMALAR

GAA: Genel Anestezi Altında

ASA: Amerikan Anesteziyoloji Derneği

TGA: Taze Gaz Akımı

MK: Manuel Kontrol

ETK: End-Tidal Kontrol

CO₂: Karbondioksit

O₂: Oksijen

N₂O: Nitroz Oksit (Azot Protoksit)

L: Litre

Dk: Dakika

CaOH₂: Kalsiyum Hidroksit

NaOH: Sodyum Hidroksit

KOH: Potasyum Hidroksit

H₂O: Su

pCO₂: Parsiyel Karbondioksit Basıncı

AB: Avrupa Birliği

EN 740: Ortak Avrupa Standardı

NO: Nitrik oksit (Azot Oksit)

CFC: Kloroflorokarbon

PEEP: Pozitif Ekspiryum Sonu Basıncı

APL: Ayarlanabilir Basıncı Giderme Valvi

COHb: Karboksihemoglobin

CO: Karbon monoksit

ETO₂: End-tidal O₂

ETAA: End-tidal Anestetik Ajan

Gr: Gram

°C: Derece santigrat

MMHG: Milimetre Civa

pH: Potansiyel Hidrojen

EEG: Elektroensefalografi

SE: State Entropy

RE: Response Entropy

Hz: Hertz

EMG: Elektromiyografi

FEMG: Fasial Elektromiyografi

G: Gauge

EKG: Elektrokardiyogram

SpO₂: Periferik Oksijen Saturasyonu

NIBP: Noninvaziv Kan Basıncı

İ:E: İnspirasyon/Ekspirasyon oranı

ETSev: End-tidal Sevofluran Konsantrasyonu

KTa: Kalp Atım Hızı

OAB: Bazal Ortalama Arteriyel Basınç

Kg: Kilogram

Cm: Santimetre

Sn: Saniye

ML: Mililitre

HT: Hipertansiyon

HPL: Hiperlipidemi

DM: Diabete Mellitus

KAH: Koroner Arter Hastalığı

H: Saat

KBB: Kulak Burun Boğaz

TUR-M: Transuretral Rezeksiyon Mesane

URS: Uretero-Renoskopik Taş Kırma

FiO₂: İnspire Edilen O₂ Fraksiyonu

SAB: Sistolik Arter Basıncı

DAB: Diyastolik Arter Basıncı

µg: Mikrogram

BIS: Bispektral indeks

GWP: Küresel Isınma Potansiyeli

\$: Dolar

TL: Türk Lirası

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
1. Bir Bain sistemi; taze gaz tüpünün solunum devresinin içinden geçirildiği bir Mapleson D Sistemi	4
2. Mapleson Devreleri	5
3. Bir kapalı devre istemi	6
4. Sevofluranın moleküler yapısı	17
5. Sevofluran bileşenlerinin moleküler yapısı	18
6. Uyanıklık durumunda entropy değeri	19
7. Genel anestezi altında, intraoperatif dönemde entropy değeri	19
8. MC grubuna dahil edilen elektif operasyonlar	23
9. ETC grubuna dahil edilen elektif operasyonlar	24

TABLÖLAR

Tablo	Sayfa
1. Düşük Akımlı Anestezi Teknikleri	9
2. Entropi değerleri ve EEG yorumu	20
3. Tüm hastaların sosyodemografik değişkenleri	23
4. Tüm hastalara ait demografik veriler ve intraoperatif ölçülen parametre değerleri	23
5. Gruplara göre ek hastalıkların dağılımı	25
6. Gruplar arası cinsiyet ve sigara oranlarının karşılaştırılması	26
7. Gruplar arası demografik veriler ve ASA skorlarının karşılaştırılması	26
8. Gruplar arası müdahale sayısı ve intraoperatif kaydedilen sürelerin karşılaştırılması	27
9. Gruplar arası ortalama arter basıncı değerlerinin karşılaştırılması	28
10. Gruplar arası kalp atım hızı değişkenlerinin karşılaştırılması	29
11. Gruplar arası periferik oksijen saturasyon değişkenlerinin karşılaştırılması	30
12. Gruplar arası entropi değerlerinin karşılaştırılması	31
13. Gruplar arası sevofluran tüketim değerlerinin karşılaştırılması	31
14. Gruplar arası sevofluran maliyeti değerlerinin karşılaştırılması	32

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Anestezi uygulama maliyetleri dahil olmak üzere sağlık hizmetlerinin ekonomik yükü artmaktadır. Ekonomik ve çevresel kaygılar, volatil anesteziğin önemli bir kısmının tekrar solunduğu yarı-kapalı sistemlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Düşük akımlı anestezide, yarı kapalı yeniden solutmalı sistemde hastanın alveolar ventilasyonundan daha az olan bir taze gaz akımı (TGA) kullanılır. Düşük akımlı anestezinin avantajları arasında, daha az anestezi madde kullanılarak maliyetin düşürülmesi, atmosfere daha az gaz salınarak çevre kirliliğinin önlenmesi, gazların nem oranlarının artması ile ısı kaybının en aza inmesi, trakeobronşiyal ortam fizyolojisi daha iyi korunması ve postoperatif hipotermiğin önlenmesi yer almaktadır. (1–3).

Güvenli genel anestezi sağlamak için, Manuel Kontrol (MK) anestezi, özellikle düşük akım anestezisinde, sürekli monitör takibi ve anestezistin belirlediği hedef end-tidal volatil anestezi konsantrasyonuna ulaşmak için hastanın ihtiyaçlarına göre anestezistin kendi manuel ayarlamasını gerektirir. Sevofluran anestezisinin end-tidal kontrolü, hem maliyet hem de güvenlik endişeleri için yeni bir teknik olarak önerilmiştir. End-Tidal Kontrol (ETK) tekniği içeren anestezi makineleri kullanılarak, oksijen akış hızı ve volatil anesteziğin hedef end-tidal konsantrasyonları sağlanarak kontrol edilebilir. Böylelikle daha az anestezi müdahalesi gerektirir.

Literatür bilgilerimize göre düşük akımlı anestezide ETK ve MK tekniklerinin klinik ve sevofluranın farmakoeconomik açıdan etkilerini karşılaştıran sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır. Bu çalışmada, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi ameliyathanesinde 01/08/2020 ve 01/01/2021 tarihleri arasında operasyon süresi 1,5 saat ile 4 saat arasında olan elektif genel anestezi alacak hastaların randomize olarak ayrılması sonrasında düşük akımlı anestezinin ETK ve MK grupları arasında intraoperatif sevofluran tüketimi, hedeflenen volatil ajan ve oksijen konsantrasyonlarına ulaşma süresi, anestezistin yapması gereken düzenleme sayısı, ekstübasyon süresi ve hemodinamik parametreler açısından farklılık olup olmadığını araştırmayı hedefledik.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Solutma Sistemleri

Solutma sistemleri; çeşitli oranlarda taze ve ekspire edilen gaz içeriklerinin bir araya getirilmesini, volatil anestezi ajanların inhalasyonunu ve ortam atmosferinden izolasyonunu ekspire edilen karbondioksitin (CO_2) uzaklaştırılmasını, ısı ve nem etkisi ile uygun iklim şartlarının oluşmasını sağlar (4). Bu sistemler kullanılarak hastanın solunumu ve anestezi gazların idamesi için birçok teknik tanımlanmıştır. Aralarındaki farkların büyük önem arzetmemesi nedeniyle farklı kaynaklarca, farklı şekillerde gruplandırıldığı görülmektedir (5). Solutma sistemleri fonksiyonlarına göre açık, yarı açık, yarı kapalı ve kapalı olmak üzere sınıflandırılabilir. Teknik olarak ise devrede; gaz rezervuar torbası, verilen gazların tekrar solunumu, verilen CO_2 'nin kimyasal nötralizasyonu, tek yönlü valvlerin olup olmaması da değerlendirilmelidir.

2.1.1 İşlevsel özelliklerine göre solutma sistemleri

2.1.1.1 Açık solutma sistemleri

Açık damla, insuflasyon ve T parçası metodları açık solutma sistemlerine örnek olarak verilebilir. Açık solutma sistemleri inspiryum ve ekspiryum sırasında atmosfere açıktır. Bu durum da hastaya verilen anestezi gaz karışımının net bir şekilde takip edilememesi dezavantajını yaratır. Yeniden solutma yapılamaz (4–5).

2.1.1.2 Yarı-açık solutma sistemleri

Yarı-açık solutma sisteminde atmosfere açık olan ekspiratuar kol nedeniyle ekspiryum sırasında mevcut gaz sistem dışına verilir ve atmosfere kapalı olan inspiratuar kol nedeniyle de inspiryum sırasında hastaya saf taze gaz iletilir. Taze gaz akımı dakika hacmine eşit ya da birkaç kat fazla olmalıdır. Taze gaz akımı ne kadar fazlaysa kullanılmadan atmosfere atılan oksijen (O_2), azot protoksit (N_2O) ve anestezi ajan miktarları o kadar fazladır. Anestezi gazın ve taze gazın bileşimi benzerdir (4–5).

2.1.1.3 Yarı-kapalı solutma sistemleri

Yarı-kapalı solutma sisteminde hastanın aldığı miktara göre taze gaz akımı fazla lakin dakika hacminden azdır. Kısmen yeniden-solutulmanın mevcut olduğu bu anestezi tekniğinde gaz fazlası da sistemden uzaklaştırılmaktadır. Taze gaz akımı ile gaz fazlası hacim arttıkça yeniden solutulmuş gaz hacmi azalacaktır. Yeniden

solutmanın arttığı düşük akımlı anestezi gibi tam tersi durumda ise, anestezi gaz ve taze gaz bileşimi benzerliği azalmaktadır (4–5).

2.1.1.4 Kapalı solutma sistemleri

Kapalı solutma sisteminin özelliği ise, hastanın aldığı gaz miktarına tam olarak eşit olacak kadar taze gaz hacminin verilmesi ve hasta tarafından ekshale edilen gaz hacminin tamamının karbondioksit absorbanınca temizlenip hastanın tekrar inspirasyonunda kullanılmasıdır. Gaz fazlası atılım valfi kapalı olduğu ve sistemde kaçak olmadığı takdirde gaz hacmi sabit tutulur (4-5).

Yarı kapalı yeniden solutmalı bir sistemde verilecek taze gaz akımı dakika hacminden daha düşük bir değere isteğe göre ayarlanabilir. Fakat taze gaz akımı kesinlikle alınım miktarı ve solutma sistemindeki kaçak sebebiyle olan kayıplardan daha az olmamalıdır. Solutma sistemindeki gaz hacmini yeterli düzeyde tutabilmek için kaybolan gaz miktarı karşılanmalıdır. Düşük taze gaz akımı ile sistemden atılan gaz miktarı da azalır ve yeniden solutma oranı artar (6). Hastanın alınıma yakın düzeyde taze gaz akımının olması ile birlikte ekspiryumla verilen havanın tama yakın kısmının sistem dışına atık olarak verilmesi hastanın dakika volümüne eşit taze gaz akımı kullanımının sonucudur ve bu durumda yeniden solutma minimal düzeyde kalır. Hasta tarafından inhale edilen havadaki taze gaz oranının yüksek olduğu 4 L/dk akımda yeniden solutma oranı %20 artarken, taze gaz akımı 2 L/dk ve altında ise bu oran %80'e çıkar (7). Anestezi ajan tüketiminin ve dolaylı olarak maliyetin ciddi oranda düşürülmesi, anestezi gazlardan yararlanımın yüksek olması, daha iyi ısı ve nem oranının elde edilmesi ve atmosfer kirliliğinin azaltılması yeniden solutmalı sistemlerin akılcı kullanımı ile sağlanabilir (8,9).

2.1.2 Teknik açıdan solutma sistemleri

2.1.2.1 Anestezi Gaz Rezervuarı Olmayan Solutma Sistemleri

Bu sistemde anestezi gazlar ortam havasına karışmaktadır. Hastaya gönderilen anestezi ajanın konsantrasyonu takip edilemez. Anestezi gaz rezervuarı olmayan solutma sistemine, eter ve kloroform kullanımında tercih edilen anestezi damla maskeleri ya da Boyle-Davies havayolu insüflasyon sistemleri örnek olarak verilebilir (4,5).

2.1.2.2 Yeniden solutmasız sistemler

Yeniden solutmasız sistemlerde hastaya inspiratuar taze gaz akımı sağlanır ve hastanın ekshale ettiği gaz sistemden uzaklaştırılır.

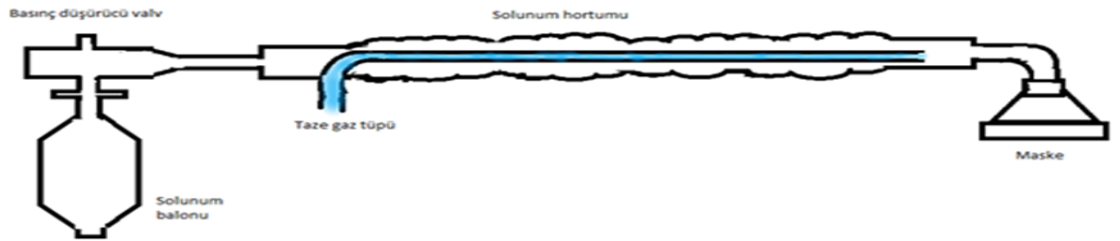
2.1.2.2.1 Akım denetimli yeniden solutmasız sistemler

Hastanın ekshalasyon ile verdiği gaz yüksek taze gaz akımı ile solutma sisteminden uzaklaştırılır. Taze gaz akımı ile ekspirasyondaki hava akımının yönü aynı veya zıt olabilir. Bu sistemlerin yarı açık solutma sistemlerinde kullanımı uygundur. Mapleson tarafından sınıflandırılmıştır (10).

Mapleson A: Taze gaz akımı ekspirasyonda verilen hava akımının tersi yönündedir. Ekspirasyondaki gaz hastanın havayoluna yakın bir ekspiratuar valv aracılığı ile sistemden uzaklaştırılır. Bu sisteme Magill ve Lack sistemleri örnek olarak verilebilir.

Mapleson B ve C: Hem taze gaz girişi hem de ekspiratuar valv hastanın havayoluna yakındır. Gaz rezervuarında taze gaz ile ekspirasyondaki gaz karışımı mevcuttur.

Mapleson D: Hastanın havayoluna yakın bir yerden sisteme taze gaz girişine karşın hortumun rezervuar balona yakın bir yerden ekspiratuar valv yer alır. Mapleson D'ye Bain ve Penlon sistemler örnek olarak verilebilir (11).



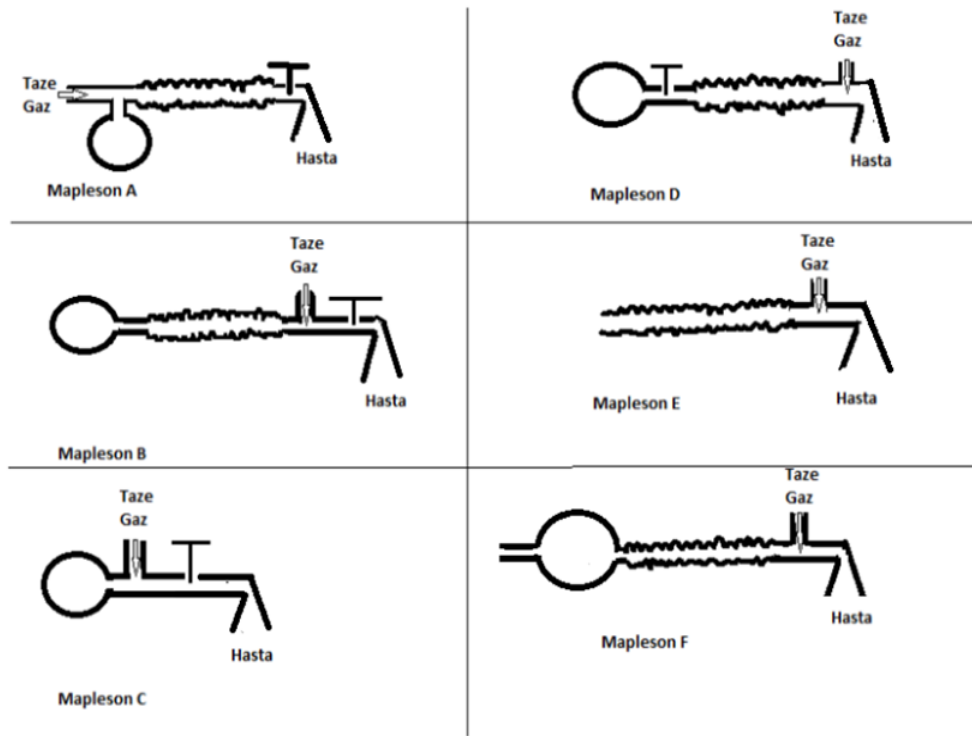
Şekil 1: Bir Bain sistemi; taze gaz tüpünün solunum devresinin içinden geçirildiği bir Mapleson D Sistemi

Mapleson E: Bir rezervuar balon yoktur ve bunun sonucunda hastaya verilen gazların hava ile karışması engellenemez. Bu sistemde hortum hacmi inspire edilen

tidal hacim kadar ya da daha fazla olmalıdır. Mapleson E sistemine Ayre'nin T parçası örnek verilebilir.

Mapleson F: Ekspirasyon ile verilen gaz rezervuar balonun ucundaki valv ile uzaklaştırılır. İşlevsel olarak Mapleson D sistemine benzer.

Mapleson D, E ve F sistemlerinde ekspirasyon sırasındaki gaz karışımı aynı yöndeki taze gaz akımı sayesinde sistemden atılmaktadır. Mapleson A, B ve C 'de ise ekspirasyondaki gaz karışımı ters yönde olan taze gaz akımı sebebiyle sistem içi basınç artışı oluşması ve böylelikle ekspiratuar valvinin açılarak sistemden uzaklaştırılması sağlanır (10).



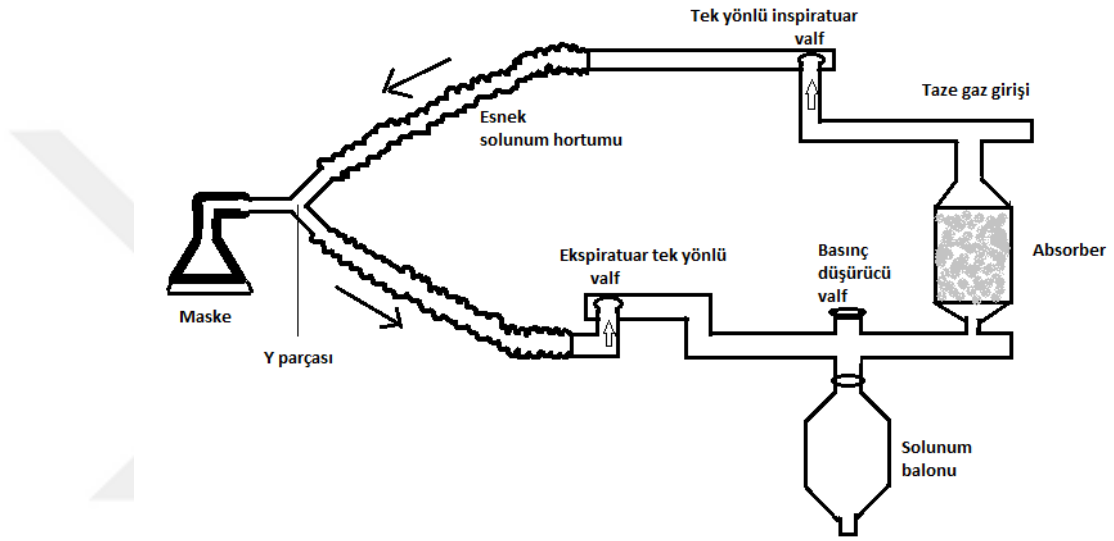
Şekil 2: Mapleson Devreleri

2.1.2.2.2 Valv denetimli yeniden solutmasız sistemler

Bu sistemde yeniden solutmayı engelleyen valf (non-rebreathing valve) mevcuttur, ekspirasyonla verilen gaz buradan uzaklaştırılır ve yeniden solutulma gerçekleşmez. İnspirasyonla verilen taze gaz akımı dakika hacmine eşittir. Kapalı ya da yarı-kapalı sistemlerde kullanımı uygun değildir (4).

2.1.2.3 Yeniden Solutmalı Sistemler

Yeniden solutmalı sistemler, ekspiryumda verilen havadaki karbondioksidin temizlenip belli miktarda taze gazla karışan kullanılmamış anestezi gazının bir sonraki inspirasyonda tekrar kullanılması prensibine dayanır. Dolayısıyla bu çeşit sistemler ekspirasyonda verilen havadaki karbondioksidin arındırılmasını sağlayacak bir cihazın bulunmasını zorunlu kılar (4).



Şekil 3: Bir kapalı devre istemi

2.1.3.Karbondioksit absorbanları

Karbondioksit absorbanı halka sisteminin temel unsurudur (12). Absorban sayesinde düşük gaz akım hızı uzun sürdürülebilir ve hastanın tidal volümünü karşılanır. En çok tercih edilen CO₂ absorbanı sodalaymdır. Sodalime içeriğinde %80 kalsiyum hidroksit (CaOH₂), %4 sodyum hidroksit (NaOH), %1 potasyum hidroksit (KOH) ve %14–19 su (H₂O) mevcuttur. Sodalime sertliğini arttırıp NaOH tuzlarının inhalasyonunu azaltan ve toz oluşumunu önleyen madde içindeki silica ya da kiesegühr denilen çamurdur. Barolaymda ise kristalizasyon suyu mevcut olduğundan serttir ve silica eklenmesine gerek yoktur. Absorbe eden sodanın etkinliği sertliği ile ters orantılıdır. Bu sistemde ısı ve nemin korunması önemlidir. Absorbe edici yüzey alanı ve gaz akışına direnç nedeniyle granül boyutu emilimi etkiler. Granül boyutu

küçük ise emilim fazladır fakat gaz akımına direnç vardır (13). Granül boyutu büyük ise emilim ve gaz akımına direnç azdır. Sıklıkla tercih edilen sodalaymın granül 4–8 mesh (0,125 inç ile 0,25 inç) çapındadır. Saatte ortalama 12–18 L CO₂ çıkaran bir erişkin hastaya göre, 1kg sodalaym yaklaşık 10 saat yeterli olabilir. Renksiz olan sodalaymların kullanılabilirlik süresini tamamladığı, indikatörler sayesinde pH' ın düşmesine bağlı renklenme ile anlaşılır. En sık kullanılan indikatör mor renk değişiminin gözlemlendiği etil violettir. Etil viole, absorbanın fonksiyonelliği açısından her zaman güvenilir değildir (14).

Boya florasan ışığı altında deaktive olabileceğinden absorban tükenince de beyaz görülebilir. Bu yüzden absorbanın etkinliği için renk değişimine ek olarak, hasta klinik olarak CO₂ birikimi belirtileri açısından da takip edilmelidir. Bu klinik belirtiler; kan basıncında değişiklik, nabızda artma, pCO₂'de artma, terleme ve yara yerinden kan sızmasında artma şeklinde olabilir. Karbondioksit absorbanlarında istenen özellikler:

- Anesteziklerle etkileştiğinde toksik olmaması,
- Hava akımına karşı düşük dirence sahip olması,
- Düşük maliyetli olması,
- Kolaylıkla kullanılabilmesi ve etkin olmasıdır.

2.2.Düşük Akımlı Anestezi

2.2.1.Tarihçe

18. yüzyılda Abbe Fontana yeniden soluma olanağı sağlayan CO₂ absorpsiyonunu esas alarak kireç suyunu kullanmıştır. 1850 yılında John Snow ekshale edilen inhalasyon anesteziklerinin değişime uğramadan atıldığını, ayrıca yeniden solutma sayesinde arttığını belirtmiştir. Yeniden solutmanın sisteminde kalya taşı (potasyum hidrat) kullanarak anestezik ajanın etkinlik süresini uzatmayı başarmıştır. 1924' te Waters tam kapalı sistem kullanarak soda-lime ile CO₂ absorpsiyonunu klinik pratiğe kazandırmıştır (15). Absorpsiyonlu halka sistemini ilk kullanan 1924 yılında Bernhard Drager olmuştur. 1952 yılında F. Foldes 1 L/dk ile uygulanan düşük akımlı anestezi tekniğini tanımlamıştır. 1974 yılında R. Virtue 0,5 L/dk ile uygulanan minimal akım tekniğini tanımlamıştır (16). 1985 yılında F. Foldes ve Duncalf yeterli denitrojenasyonu elde edebilmek açısından başlangıçta 10 dakika süre ile yüksek taze gaz akımını uygulanıp daha sonra 1L/dk olacak şekilde düşük akımlı anesteziye geçilmesi gerektiğini öne sürmüştür (15).

2.2.2.Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Yöntemleri

Yeniden solutmalı sistemler tercih edilen taze gaz akımına göre; yarı açık, yarı kapalı ya da kapalı olabilir. Yarı kapalı yeniden solutmalı bir sistemde hastanın dakika ventilasyon hacminin altındaki bir değerde taze gaz akımı ayarlanabilir. Fakat hastanın alınımlı ve solutma sisteminde oluşabilecek kaçak kayıplarından daha düşük bir taze gaz akımı kesinlikle kullanılmamalıdır. Solutma sisteminde gaz hacmini yeterli düzeyde tutulabilmesi için kaybolan gaz miktarı mutlaka yerine konmalıdır. Ne kadar taze gaz akımı düşürülürse sistemden atılan gaz miktarı da o kadar düşer ve yeniden solutma oranı artar. Yeniden solutmalı bir sistemde eğer taze gaz akımı hastanın dakika hacmine eşit düzeyde ise yeniden-solutulan gaz oranı ihmal edilebilir seviyede düşük olur. Gerçekte hastanın ekspirasyonda verdiği gazın tamamı atılım valfinden dışarı atılır. 4 L/dk taze gaz akımı seçildiğinde yeniden solutma oranı %20 olur. İnhalasyondaki gaz karışımı da taze gaz akımına benzer içeriktedir (15). Düşük akımlı anestezi; ekshale edilen gaz karışımındaki karbondioksidin eliminasyonundan sonra, en az %50'sinin yeniden solutmalı sistem ile hastaya döndürülmesini temel alan bir tekniktir (16).

Düşük akımlı anestezi uygulamasına başlanmadan önce preoksijenizasyon yapılmalıdır sonrasında hasta entübe edilip solutma sistemine bağlanır. Önce FGF yaklaşık 4 L/dk kadar yüksek olacak ve 6-8 dk devam edecek şekilde başlanır. Bu başlangıç döneminde yeterli denitrojenasyon sağlanır, solutma sisteminin içi gaz bileşimi ile doldurulur ve gerekli anestezi ajan konsantrasyonuna ulaşılır. Düşük akımlı anesteziye ise minimum alveoler konsantrasyon (MAK) değeri 0,8–1'e ulaştığı zaman geçilir. Taze gaz akım hızının azaltılması yeniden solutma oranında belirgin bir artışla sonuçlanır (15).

Ancak ETK' nin anestezi ajan tasarrufu etkisi için doğrudan daha düşük TGA ile başlanabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (17).

Düşük akımlı anestezide; taze gaz akımı hastanın dakika ventilasyon hacminden çok daha düşüktür (18). Bu da; hastanın ekspirasyonda verdiği havanın tekrar hastaya gönderilmesini zorunlu kılar. Sisteme taze gaz girişi ile geri solunan gaz ters orantılıdır (19).

Baker akım hızlarını standart olarak;

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,

Çok yüksek akım > 4 L/dk şeklinde tanımlamıştır (20).



Tablo-1: Düşük Akımlı Anestezi Teknikleri (15)

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

2.2.3.Düşük Taze Gaz Akımlı Anestezi Uygulaması İçin Teknik Gereksinimler

13 Haziran 1998’de Avrupa Birliği (AB) ülkelerindeki bütün üretici firma ve anestezi uzmanları tarafından “Anestezi Makineleri ve Modülleri-Temel Gereksinimler” başlıklı ortak Avrupa standardı olan EN-740 yürürlüğe girmesiyle Ulusal standartları birbiriyle uyumlu hale getirilmesi hedeflenmiştir (21).

Anestezi Makinelerinde Güvenlik Özellikleri (Avrupa Ortak Standardı EN-740 Şartlarına Göre)

- Enerji yetersizlik alarmı
- Oksijen desteği yetersizlik alarmı
- Azotprotoksit akımı durdurucusu
- Oksijen bypass
- Oksijen oranı denetleyicisi
- Tek bir vaporizatör çalışmasını güvenceye alan cihaz
- İnspire edilen oksijen konsantrasyon takibi
- Havayolu basınç takibi
- Ekspire edilen gaz hacmi takibi
- Solutulan karbondioksit konsantrasyonu takibi
- Volatil anestezi ajan konsantrasyonunun takibi

Düşük akımlı anestezi tekniklerini uygulamak isteyen anestezi uzmanları tarafından önce üretici firmanın bildirmiş olduğu kullanacakları anestezi cihazının özelliklerinde bu teknikleri kapsayıp kapsamadığına bakılmalıdır. Bir diğer önemli nokta ise, düşük akımlı anestezi uygulamasının güvenli koşullarda sağlanabilmesi amacıyla anestezi cihazına ait özelliklerin teknik ön koşulları karşıladığının denetlenmesidir (22–24).

2.2.4.Düşük Akımlı Anestezi Uygulamalarının Avantajları

Teknolojinin ilerlemesi ile anestezi makineleri geliştirilmiş olup, anestezi ajanının sürekli ve detaylı bir şekilde monitörizasyonu, volatil anestezi ajanların farmakokinetik ve farmakodinamik özellikleri ile ilgili bilginin artışı ile güvenli düşük akım anesteziyi daha kolay uygulanmasını sağlamıştır. Hastaya sağladığı avantaj ise, daha yakın takip edilmesi gerektiği için anesteziye bağlı oluşabilecek komplikasyonlar erken dönemde yakalanabilir, bu da hastaya sunulan anestezinin güvenliğini artırır. Ayrıca düşük akımlı anestezi; volatil anestezi ajanlarının ve diğer

gazların tüketimlerdeki düşüş sayesinde maliyet ve ameliyathane ortamı ile atmosfer kirliliğinin engellenmesi açısından avantaj sağlar. Bununla birlikte, düşük akımlı anestezi teknikleri trakeobronşiyal ortamın fizyolojisini daha iyi korur, çünkü düşük taze gaz akımıyla geri soluma artar ve inhalasyonda nem oranı artar, ısı kaybı düşer (25).

-Hasta için avantajları: İnspirasyonda hastaya verilen gazların soğuk ve kuru olması; hastanın solunum yolundaki mukosilyer fonksiyonun bozulmasına, kuruyan sekresyonlar ile artan mukusun oluşturduğu bronşiyollerde parsiyel obstrüksiyona ve sonucunda mikroatelektazilere neden olur. Bu durum enfeksiyon riskini artırmaktadır. Anestezi süresi uzadığında, inhale edilen havadaki düşük nem ve ısı oranı postoperatif hipotermiye sebepleri arasına girer (26,27)

Anestezik gaz ikliminin ciddi oranda iyileştirilmesi, düşük taze gaz kullanımı ve dolayısı ile yeniden solutma oranının artırılması sonucunda nemlenmiş ve ısınmış olan havanın verilmesi ile sağlanır. Solunum yolundaki silyalı epitelin fonksiyonu ve mukosilyer temizliği için anestezik gazların uygun şekilde nemlendirilmesi ve ısıtılması çok önemlidir.

Isı ve nem oranı artırılmış gaz karışımının bir diğer önemli yararı ise postoperatif boğaz ağrısının azalmasıdır (27).

Düşük akımlı anestezi sırasında sıcaklık değerleri ve nemlilik oranı yüksek taze gaz akımı ile kıyaslandığında daha yüksek ölçülmüştür (25).

- Ekonomik avantajları: Ekonomik açıdan dünya çapında getirilen kısıtlamalar nedeniyle anestezinin maliyetini minimum seviyeye düşürülmesini sağlayacak tekniklerin geliştirilmesi hedef alınmıştır. Sevofluran ve desfluran gibi anestezik ajanlar eski ajanlara göre, birçok avantaj sağlaması ile birlikte maliyeti yüksek ajanlardır (28). İnhalasyon sırasında yüksek taze gaz akımı ile verildiklerinde daha fazla miktarda kullanılırlar (29). 5 L/dk olacak şekilde taze gaz akımının kullanıldığı yüksek akımlı anestezide, anestezinin %80'i boşa harcanır (30).

Genel anestezinin düşük taze akımlı olarak tercih edilmesi volatil anestezik ajanlarının tüketimini azaltarak maliyeti azaltan en basit yöntem olarak öne çıkmıştır (31).

İnhalasyon ajanları, anestezik ilaç tüketim maliyetinin %20'sini oluştururlar (32).

Rutin klinik uygulamalara düşük akımlı anestezi tekniklerinin kullanılması aracılığı ile volatil anestezi ajanlarının tüketiminde %65 azalma sağlanabilmektedir (33).

Igarashi ve ark.'nın çalışmasında, düşük akımlı anestezinin kullanıldığı pediatrik hasta grubunda sevofluran tüketiminin %86 oranında düşürüldüğü gösterilmiştir (34).

Bazı yayınlar; düşük akımlı anestezi uygulamalarıyla anestezi gaz maliyetini düşürmekle birlikte sodaaym tüketiminin yükselmesiyle bu tasarrufun anlamsız kalacağını öne sürmektedir. Fakat Baum' un yaptığı çalışmada 2 saat süreli minimal akımlı anestezi uygulanarak; sodaaym tüketimindeki artış sebebiyle olan maliyet artışının, sağlanan tasarrufun sadece %2,7'si kadar olduğunu bildirilmiştir (9).

- **Ekolojik avantajları:** Düşük taze gaz akımlı anestezi tekniğinin tercih edilmesi inhalasyon ajanların maliyetini düşürmesinin yanı sıra, sera etkilerini ve sebep oldukları atmosfer kirliliğinin de azalmasını sağlar (31).

Her ne kadar solutma sistemlerinde dikkatli şekilde kaçaklar kontrol edilse ve atık gaz sistemleri mevcut olsa da ameliyathanelerde yüksek akımlı anestezinin tercih edilmesi, inhalasyon ajanlarına maruz kalmaya neden olur. Ameliyathane ortamında atmosfer kirliliğinin oluşması sonucunda çalışan personelde kanser, karaciğer ve böbrek hastalıkları, gebe personellerde spontan abortus ve konjenital anomalili bebek gibi riskleri de beraberinde getirmektedir (35).

Bu nedenle düşük akımlı anestezi uygulamaları, hem çevre kirliliğinin hem ameliyathane çalışanlarının anestezi ajanlara maruziyetinin azaltılması açısından ön plana çıkmıştır.

150 yıl süresince kalabilen stabil moleküller olan N_2O 'nun sera etkisi gibi özellikleri atmosferin ısınma sürecinin sebepleri arasına girer. N_2O molekülleri stratosferde nitrik oksite (NO) dönüştür ve ozon tabakasının hasarına sebep olur (32).

Volatil anestezi ajanların içinde kloroflorokarbon (CFC) grubundaki halotan, enfluran ve izofluran ozon tabakası hasarının sebeplerinin başında gelenlerdir. Kloroflorokarbonların küresel salınımının %0,01'i klorlu hidrokarbon anestezi gazlarıdır ve anestezi gazların çevre kirliliğinin azaltılması ile bu oran daha çok düşer. Montreal Konferansı' ndaki kararlar arasında; halotan, enfluran ve izofluran gibi halojenli kloroflorokarbonların üretiminin kademeli olarak azaltılması ve 2030 yılında ise tamamen durdurulması mevcuttur (36).

Ryan ve arkadaşları ise; sevofluran, desfluran ve isofluran ile birlikte tüm volatil anesteziklerin küresel ısınma sebepleri arasında yer aldığını ileri sürmüştür (37).

Volatil anestetiklerin ölçülen atmosferik konsantrasyonları ilk olarak 2016 yılında Vollmer ve arkadaşları tarafından yayınlandı, desfluran kirliliğinin arttığını, sevofluranın statik, halotan ve izofluranın azaldığını gösterildi. Yapılan ölçümlerde desfluran, ölçülen tüm uçucu anestezik kirliliğinin tahmini sera etkisine %80'ine katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır (38).

Atık anestezik gaz oranının düşürülerek çevre kirliliğine sebep olmasının engellenmesi ve ekolojik dengenin korunması adına, düşük akımlı yöntemlerin tercih edilmesi büyük önem arz etmektedir.

2.2.5.Düşük Akımlı Anestezi Uygulamalarının Riskleri

Düşük akımlı anestezi kullanımında, solutma sisteminde yer alan gazlar ile hastaya verilen taze gazın içerikleri arasındaki fark artar. Taze gaz akımının miktarı ile inhalasyon ajanları açısından dengelenme süresi ters orantılıdır. Akım hızı düşürüldükçe sistem dışına atılacak olan gaz miktarı da düşer ve ekspiryumda verilen gazların eliminasyonu azalır, bu da düşük akımlı anestezi risklerini ortaya çıkarır.

- 1. Hipoksi** Düşük akımlı anestezi kullanımında, taze gaz akışıyla birlikte devreye gönderilen ve hastanın inspirasyon yolu ile aldığı O₂ konsantrasyonu arasında zamanla artan fark nedeniyle, devrede hipoksik gaz karışımı meydana gelir. Taze gaz akışının azaltılması ve hastaya geri dönen gaz karışım miktarının artması sonucuyla inspirasyon yolu ile verilen O₂ konsantrasyonunda azalma gerçekleşir (20).

Birçok ulusal ve uluslararası standartlardaki şartlara göre, inhalasyon anestezisi uygulamaları sırasında mutlaka O₂ konsantrasyonu devamlı olarak takip edilmelidir. Düşük akımlı anestezi kullanırken hastanın oksijenasyon risklerini ortadan kaldırmak amacıyla oksijenin alt alarm sınırı doğru ayarlanmalıdır. Kullanılan teknik malzemelerin özelliklerine göre taze gaz akımı miktarı ve gazların içeriği ise uygun olarak ayarlanmalıdır (39).

- 2. Hipoventilasyon** Gaz hacim eksikliğine neden olmamak için, toplam gaz alınımlı ve kaçaklardan kaynaklanan hacmin taze gaz akım miktarının üzerine çıkmaması gerekir. Gaz hacim eksikliği sonucunda hipoventilasyon görülebilir ve böyle bir

durumda taze gaz akımı en az 1–2 dk süreyle yükseltilmelidir. Bu gaz hacim eksikliğinden oluşacak hipoksi riskini minimuma indirmek için cihaz alarmları iyi bir şekilde ayarlanmalıdır (40,41).

Havayolu basınçlarının devamlı izlenmesi zorunluluğundan, dakika ventilasyon hacmi ile tepe ve plato basınçlarının azalmasıyla sonuçlanan gaz hacim eksikliği erken dönemde tespit edilebilir. Monitörün alarm sınırlarının iyi ayarlanması bu yüzden çok önemlidir. Bazı modern anestezi makinelerinde özel bir parametre olan ekonometre, sistem içerisinde dolaşan gazların hacmi hakkında sürekli bilgi vermektedir (34).

Anestezi makinesinin solutma sistemi ve ventilatör kaçak testinden geçirildikten sonra düşük akımlı anestezi tekniklerinin kullanılması daha güvenlidir. Kabul edilebilir kaçak miktarı üretici firma tarafından belirlenen üst sınırı geçmeyecek şekilde olmalıdır (42).

3. **Karbondioksit Birikimi** Düşük akımlı anestezi uygulamalarında sistemdeki karbondioksitin uzaklaştırılması kesinlikle etkin olmalıdır. Yeniden solutmalı sistemde hastaya dönen hacim büyük olduğu için absorban hızlı tükenir ve sonucunda CO₂ konsantrasyonu ciddi düzeyde artar. Karbondioksit absorbanın tükenme hızı yeniden solutulan gaz miktarıyla doğrudan ilişkilidir. Karbondioksit absorbanın kullanım süresi, inspirasyon ile verilen CO₂ konsantrasyon değerinin sıfırın üzerindeki değerlere çıkması ile takip edilebilir (39).

Hasta güvenliği açısından inspirasyon ve ekspirasyon sırasındaki CO₂'nin mutlaka kapnograf ile monitörize edilmesi gerekir. Kapnografin yer almadığı bazı anestezi makineleriyle çalışılırsa da çift kanister veya tek bir büyük kanister tercih edilmektedir. Eğer ameliyathanelerde gün boyunca düşük akımlı anestezi uygulanıyorsa absorbanların en az günde bir defa değişimi yapılmalıdır (34). 0,5 L/dk olacak şekilde taze gaz akımı kullanıldığında tükenen absorban miktarında dört kat artış olduğu gösterilmiştir (43).

4. **Kazayla Havayolu Basıncı Artışı** Eski tip anestezi makinelerinde, gaz rezervuarı olmadığından ve ekspiryum sırasında körüğün doluşunun etkin şekilde desteklenmesi gerekir ve gaz kaçağını engellemek için, düşük akımlı anestezi kullanılacağı zaman pozitif ekspiryum sonu basınç (PEEP) uygulanması önerilmiştir. Kaçak nedenli kayıplar az miktarda ise PEEP valfinde yeniden

ayarlar yapılabilir. PEEP valfi ayarlanmadığı takdirde ani basınç artışları ile karşılaşılabilir. Eğer obstrüksiyon ve dekonneksiyon alarmları doğru biçimde ayarlanırsa makine kaynaklı bu tarz sorunlar en kısa zamanda tespit edilerek çözülebilir. Hava yolu basıncını sınırlayıcı ayarlanabilir basınç giderme (APL) valfi, barotravmalar ile sonuçlanan havayolu basıncı artışlarına karşı önlem almak için gerekli olan diğer bir güvenlik sistemidir. APL valfi, solutma sistemi içerisindeki pozitif basıncın belirlenen değere ulaşması ile birlikte açılır ve havayolu basıncının sınırlanmasını sağlar (39).

5. **Kazayla Aşırı Volatil Anestezik Dozu** Düşük akımlı anestezi kullanırken solutma sistemi içerisindeki volatil ajanların konsantrasyon değişim hızı yavaştır. Kaza ile volatil anestezik ajanın dozu yüksek ya da düşük ayarlandığında, düşük akım nedeniyle volatil ajan konsantrasyon değişimi yavaş olduğundan, fark etmek için anestezistin zamanı vardır. Düşük akımlı anestezi kullanımı sırasında yeniden yüksek taze gaz akımına geçilmek istenilirse, vaporizatör ayarının da yüksek akımlı anesteziye göre tekrar ayarlanması unutulmamalıdır. (39).
6. **Uzun Zaman Sabitesi** Düşük akımlı anestezi kullanımı sırasında eğer anestezik gaz bileşiminde hızlı bir değişiklik yapılmak istenirse, uzun zaman sabitesi nedeninden dolayı bu pek mümkün olmaz. Fakat intravenöz anestezik ajanlar kullanılarak istenilen anestezi derinliğine ulaşılabileceğinden veya dilenildiği zaman yüksek akımlı anesteziye geçilerek istenilen gaz bileşimi hızla elde edilebileceğinden, bu durumu risk olarak değerlendirmek çok anlamlı olmaz (39).
7. **Toksik Gaz Birikimi** Düşük akımlı anestezi kullanımı esnasında karbonmonoksit, hidrojen, nitrojen, aseton, argon, metan, etanol ve volatil haloalkenleri (Compound A) gibi gazların birikimi ile karşı karşıya kalınabilir. Bu gazların birikme olasılığı ve miktarı anestezi süresinin uzunluğuna bağlıdır (39,44).

Nitrojen: Çoğu zaman denitrojenizasyonunu anestezi başlangıcında 15–20 dakika süresince yüksek taze gaz akımıyla yapılması yeterlidir. Yine de anestezi süresi içerisinde solutma sisteminde yüksek nitrojen konsantrasyonları belirlenir ise, 2–5

dakika boyunca yüksek taze gaz akımı ile sistem yıkanarak nitrojenin uzaklaştırması önerilir (45).

Aseton: Serbest yağ asitlerinin oksidasyonu ile aseton oluşur. Açlıkta, dekompanse diabetes mellitus ve artan anti-insulin hormonları varlığında aseton miktarı da artar. Suda ve yağda çözünürlüğü yüksek olan asetonun konsantrasyonu, yüksek taze akımı kullanılıp yıkanarak düşürülemez. Hasta güvenliği için kontrolsüz diabetes mellitusu mevcut olan hastalarda 1 L/dk'dan daha düşük taze gaz akımı kullanımı önerilmemektedir (45).

Etanol: Etanol de aseton gibi yüksek taze gaz akımı kullanılıp yıkanarak uzaklaştırılmaz. Bu yüzden acil şartlar altında anestezi verilmesi gereken alkollü bir hastaya uygulanacak taze gaz akımı 1 L/dk'nın altında ayarlanmaması önerilmektedir (39).

Karbon monoksit (CO): Hemoglobine afinitesi çok yüksek olan karbon monoksitin birikimi için, sigara kullanımı fazla olan hastalarda, hemoliz, anemi ve porfiria durumunda, sigara kullanımı olan vericilerden yapılan kan transfüzyonlarında klinik olarak anlamlı değerler gözlenebilir. Anestezinin uzun sürdüğü ve daha çok sigara kullanan hastalarda karboksihemoglobin (COHb) düzeylerinin yüksek olduğu izlenmiştir. CO birikimi, karbondioksit absorbanları ile volatil anestezi ajanlarının etkileşimine göre de artabilir. Volatil ajanların karbondioksit absorbanları ile egzotermik bozulması nedeniyle, anestezi altında CO zehirlenmesi, nörolojik hasar ve toksik düzeyde COHb konsantrasyonları olan vakalar da bildirilmiştir. Bu nedenle karbon monoksit birikiminin önüne geçmek adına NaOH ve KOH içermeyen absorbanların tercih edilmesi önemlidir (32, 39, 46, 47).

Argon: Argon gazının birikimi klinik olarak zararlı değildir ve volatil ajan izlemine etkilemez (39).

Metan: Barsaklardaki yıkım reaksiyonları ile ortaya çıkan fizyolojik bir gazdır. Medikal gazların içinde çok düşük düzeyde yer alabilir (32).

Hidrojen: Kapalı sistem kullanılıp anestezi süresi uzun olsa dahi, oksijen ve azot protoksit içinde patlamalara sebep olabilecek düzeyde hidrojen konsantrasyon miktarına ulaşılması söz konusu olmaz (39).

Haloalkenler: Sevofluran ve karbondioksit absorbanlarının kimyasal reaksiyonları sonucunda Compound A denilen bir bileşik ortaya çıkar.

8. Bakteriyel Kontaminasyon Riskinin Artması Düşük akımlı anestezide hastaya yeniden solutulan gaz bileşimi nedeniyle sıcaklık ve nem oranı belirgin derecede artar. Artan sıcaklık ve nem ise bakteri üremesi için zemin hazırlayabilir. Bu yüzden; tek kullanımlık solunum devresi, etkin bir kimyasal dezenfeksiyon ve endotrakeal tüp ile Y parçası arasına yerleştirilecek şekilde antimikrobiyal filtreler enfeksiyon kontrolü açısından tercih edilebilir (39).

2.2.6.Düşük akımlı anestezinin kontrendikasyonları

2.2.6.1.Rölatif kontrendikasyonlar

1. Operasyon süresinin kısa olması (<30 dk)
 - Yetersiz anestezi derinliği
 - Yetersiz denitrojenasyon
2. Toksik gaz birikme riski yüksek hastalar
 - Dekompanse diyabetes mellitus
 - Kronik alkol kullanımı
 - Uzun süreli açlık
 - Masif kan transfüzyonu
 - Dolaşım bozukluğu
 - Fazla sigara kullanımı
3. Kaçağın fazla olması
 - Maske ile ventilasyon
 - Kafsız endotrakeal tüp kullanımı
 - Bronkoscopi
4. Anestezi cihazı ile ilgili yetersizlikler
 - Gaz ayarının hassas olmaması
 - Sistem uygunsuzluğu

2.2.6.2.Mutlak kontrendikasyonlar

- Septisemi
- Malign hipertermi
- İnhalasyon zehirlenmeleri
- Monitörizasyon yetersizliği (gaz analizörü)

- Sodalime tükenmesi

2.2.7.Düşük Akımlı Anesteziye End-Tidal Kontrol Tekniğinin Çalışma Teorisi

End-Tidal kontrol isteğe bağlı tercih edilebilen bir anestezi ajanının hastaya sevk edilmesi tekniğidir. Bu teknikte, hedeflenen end-tidal O_2 (ETO_2) ve end-tidal anestetik ajan (ETAA) değerleri doktor tarafından ayarlanır. ETO_2 ve ETAA değerlerinin takip edilerek gaz bileşimini ve toplam akışı, belirlenen bu hedef düzeyde tutacak şekilde ayarlama görevini ise sistem kendisi alır (48).

ETK modundaki minimum akış ayarı sayesinde hasta güvenliği açısından hastaya gönderilecek en az taze gaz akış seviyesini korunur. Minimum akış ayarının değiştirilmesi hedef konsantrasyonlara ulaşma süresinin hızını etkilemez (48).

ETK modunda hasta güvenliği için çeşitli mekanizmaları mevcuttur. Sistemde kaçak saptanması gibi geçici bir problem oluştuğunda artırılmış taze gaz akışı uygulanması da bu güvenlik mekanizmalarının içinde yer alır. Sorun çözüldükten sonra, otomatik ETK moduna geri dönülür (48). Doktor tarafından müdahale edilerek çözülebilecek veya intraoperatif çözme imkanı olmayan sorunlarda ETK modundan otomatik olarak çıkılır. Böyle bir durumda ETK moduna manuel olarak yeniden girmek gerekir (48).

Sistem kontrolleri, ETK modu kullanımına izin verilmeden önce başlayıp ETK modu kullanımı boyunca sürer. End-Tidal kontrollü teknikte taze gaz kontrolü, havayolu modülündeki değerlerin yanlış okunması ile oluşabilecek hatalı anestezi ajan gönderilmesinden hastayı korur. ETK sistem ve kaçak kontrolü, sistemdeki kaçaklar nedeniyle hatalı gaz sevkı gibi örnekleme hattındaki sorunlardan korur. ETK gözetmeni, sistemin gaz ve ajan sevkini hedeflenen değere göre kontrol etmesini sağlayan diğer bir güvenlik mekanizmasıdır (48).

2.3.Sevofluran

Sevofluran 1990'lı yıllarda klinik olarak kullanılmaya başlanan bir volatil anestezi ajandır. Metil izopropil eterin yüksek florürlü bir türevidir. Alev almayan ve patlamayan özelliğindedir. Hoş kokusu sayesinde inhalasyon indüksiyonunda ideal bir ajandır; apne, laringospazm ve öksürük gibi respiratuar komplikasyonların görülme oranı düşüktür. İlimli buhar basıncına sahip olduğundan konvansiyonel vaporizatör teknolojisi ile kullanılabilir. Katkı maddesi ve koruyucu madde

gerektirmez. Plastiklerde çözünmesi az. Böylece anestezi devrelerinde daha az ekstraksiyona uğrar (49,50).

Formülü → Florometil-2,2,2-trifloro-1-(triflorometil) etil eter

Molekül ağırlığı: 200,05 gr/mol

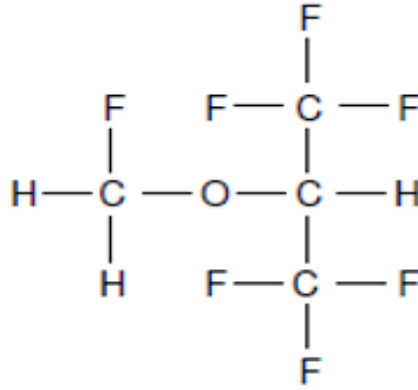
Kan/Gaz partisyon katsayısı: 0,65

Yağ/Gaz partisyon katsayısı: 47,2

MAK değeri: 1,8

Buhar basıncı (20°C’de): 160 mmHg

Kaynama noktası (760 mmHg’da): 58,5°C



Şekil 4: Sevofluranın moleküler yapısı

2.3.1.İndüksiyon ve uyanma

Sevofluranın indüksiyon ve anesteziden derlenme süresinin hızlı olma sebebi kan/gaz partisyon katsayısının düşük olmasıdır (51,52).

İndüksiyon hızı yani alveoler anestezi konsantrasyon artış hızı desflurana göre daha yavaştır. Hoş kokusu sayesinde bilinci açık hastaların inhalasyonunda kolaylık sağlar. İnspirasyon ile verilen anestezinin konsantrasyonundaki hızlı artış, anestezi indüksiyonunun hızlı olmasını sağlar. Sevofluran anestezisinde sekresyon, nefes tutma, öksürük ve laringospazm gibi respiratuar komplikasyonların görülme olasılığı düşüktür. Düşük çözünürlüğe sahip olması ve tahriş etmeyen özelliği ile indüksiyonun yanında hastanın uyanmasının da hızlı olmasını sağlar.

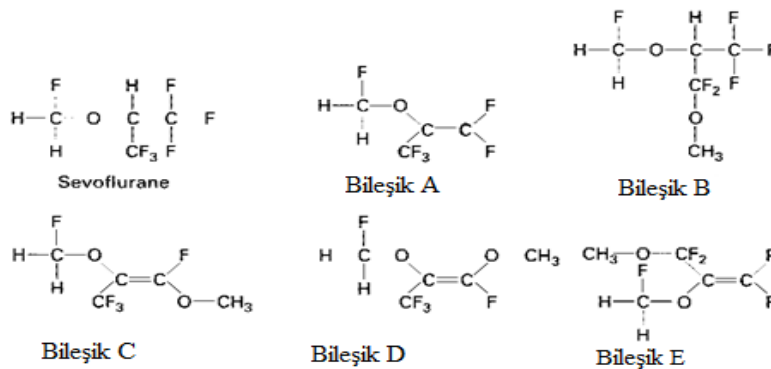
2.3.2. Absorbanlarla reaksiyonu

Sevofluranın CO₂ absorbanları (sodalime, baralime) ile tepkimeye girmesi sonucu ilk basamakta ekzotermik bir reaksiyon ile florometil-2-2-difloro-1-(triflorometil) vinil eter (bileşik A, bileşik A) gibi toksik ürünler meydana gelir. Sevofluran ve sodalime bir şişeye kapatılıp karıştır ve ısıtılırsa A, B, C, D ve E bileşikleri (şekil 5) olmak üzere toplam beş yıkım ürünü ortaya çıkar (53).

Sevofluranın kimyasal olarak 24 aylık stabil bir raf ömrü vardır. Çok düşük pH' a sahip ortamda veya yüksek sıcaklıkta degradasyon oluşmaz. 70° C sıcaklıktaki sodalime dolu cam flakon içerisinde sevofluranın güçlü bazlar NaOH (sodyum hidroksit) ve KOH (potasyum hidroksit) ile asidik proton ekstraksiyonu sonucu bileşik A ve daha az bileşik B gibi alkenler oluşmaktadır. Sıcaklık 120°C'ye çıkarıldığında ise oluşan bileşikler C ve E'dir. Absorbanın nem oranı da sevofluranın degradasyon seviyesini etkimektedir (54).

Karbondioksit absorbanlarının sevofluran ile temas süresi de bileşik A oluşumunda etkilidir (55).

Sevofluran konsantrasyonunun yüksek olması ve sevofluran kullanımında anestezi süresinin uzun olması, gazın yüksek sıcaklıkta inhalasyonu, düşük akımlı anestezi uygulanması ve kuru baralime kullanılmasında bileşik A'nın daha çok biriktiği bildirilmiştir (56).



Şekil 5: Sevofluran bileşenlerinin moleküler yapısı

2.4. Anestezi Derinliğinin Monitorizasyonu

Genel anestezi veya sedasyon uygulanan hastalarda anestezi derinliğini elde edebilmek için, farkındalık riski yaratmadan, stabil bir hemodinami ve yeterli bir respirasyon sağlanması hedeflenmelidir (57). Hastada hipnoz ile amnezi sağlanıp, dışarıdan verilen ağrılı uyaranlara karşı yanıtın baskılanmasına anestezi derinliği denir.

Hasta ne fazla yüzeysel anestezi ne de derin anestezi altında olmalıdır. Hastada derin anestezi mevcut ise klinik durumun koma, hatta ölüm ile sonuçlanma olasılığı artarken, yüzeysel anestezi varlığında ise intraoperatif dönemde farkındalık, hemodinamik instabilite ve ekstremitte hareketleri izlenebilir. İntraoperatif farkındalık oranı %0,2–2'dir. Farkındalık görülme sıklığı, volatil ajan verilmeden opioid ve nöromusküler blokörler ile anestezi sağlandığında artmaktadır. Farkındalık gelişimi sonucunda hastada anksiyete, uyku bozuklukları ve posttravmatik stres bozukluğu gelişebilir (58,59).

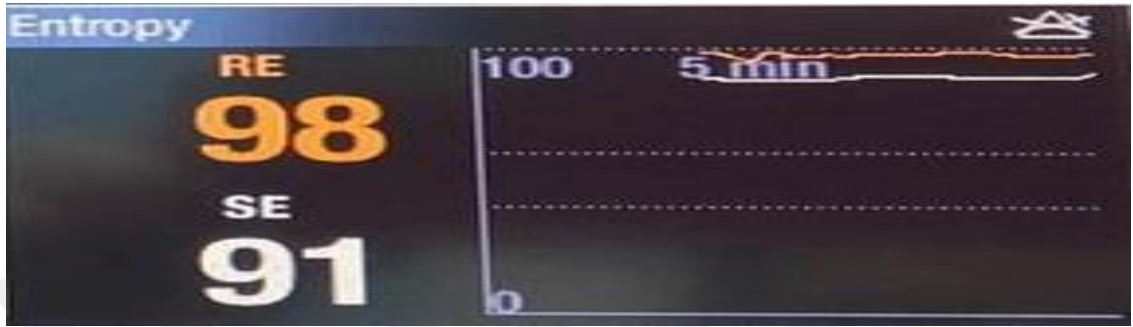
ENTROPY (GE Healthcare, Helsinki, Finlandiya) anestezi derinliğini ölçmek için klinikte sık kullanılan bir elektroensefalografi (EEG) derivasyonu bir monitördür (60). State Entropy (SE) ve Response Entropy (RE) olmak üzere iki farklı parametreyi ölçmektedir. 0–47 Hz frekans aralığını ölçen RE, EEG ve EMG aktivitesini içerirken, 0–32 Hz frekans aralığını ölçen SE ise yalnız EEG aktivitesini içermektedir (57).

SE ölçümünün sayısal değeri 0–91 aralığında, RE ise 0–100 aralığında seyretmektedir.

Entropy, rastgele bir sinyaldeki düzensizliğin ölçüldüğü parametredir. Genel anestezi altındaki hastada derin anestezi geliştikçe, EEG'deki düzensizlikler düzenli hale geçmeye başlar. Aynı zamanda, anestezik ajan konsantrasyonu yükseldikçe FEMG dalgaları da yatışma gösterir. Entropy modülü ile EEG ve FEMG sinyallerindeki düzensizlik ile ortaya çıkan bu değişiklikler hesaplanır.

SE EEG dalgalarını, RE de EMG dalgalarını ölçmektedir. Nöromusküler bloker ajanın etkisi altındaki hastada ölçülen RE değeri düşüktür ve bu durumda SE anestezinin derinliği hakkında bilgi verir. Nöromusküler blokajın etkisi azalıp hasta derlenmeye başladığında SE ve RE değerleri yüksek ölçülür. SE değeri 91 iken tam uyanıklık, 0 ölçülüyorsa izoelektrik EEG söz konusudur. Ölçülen değer aralığı 40–60

ise anestezi derinliğinin yeterli düzeyde sağlandığı söylenebilir (61). SE değeri bu aralıkta değilse anestezi ajanının dozunun değiştirilmesi önerilmektedir. SE değeri 40–60 aralığında ve RE değeri SE değerinden 10 birimden daha yüksek olduğunda hastada artmış müsküler aktivite mevcuttur (62).



Şekil 6: Uyanıklık durumunda entropy değeri



Şekil 7: Genel anestezi altında, intraoperatif dönemde entropy değeri

Tablo-2: Entropi değerleri ve EEG yorumu

RE	SE	EEG
100	90	Uyanıklık durumu
100-60	90-60	Hatırlama olasılığı düşük
60-40	60-40	Operasyon için yeterli düzey
40-0	40-0	Derin anestezi
0	0	Baskılanmış EEG

3.GEREÇ ve YÖNTEM

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi'nin 20–KAEK–196 karar numaralı tıbbi araştırmalar etik kurul kararı ile Ağustos 2020–Ocak 2021 tarihleri arasında Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda operasyon süresi 1,5 saat ile 4 saat arasında olan, genel anestezi altında elektif cerrahi geçirecek, 18–65 yaş aralığında Amerikan Anestezistler Birliği (ASA) skoru ASA1 ve ASA2 olan toplam 100 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastalara operasyon öncesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı araştırma görevlisi doktorlar tarafından yapılacak çalışma hakkında bilgi verildi ve bilgilendirilmiş onamları alındı. Araştırmaya katılmak istemeyenler, ASA3, ASA 4, ASA 5 hasta grupları, bilinen pulmoner hastalık öyküsü olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Postoperatif komplikasyon olarak mekanik ventilasyon ihtiyacı gerekebilecek veya intraoperatif komplikasyon olarak hipoksi gelişen hastaların çalışma dışı bırakılması planlandı.

Hastalar kapalı zarf yöntemi ile 1:1 oranında randomize edilerek; mekanik ventilasyon ayarlarından hedef sevofluran ve /veya FGF' nin araştırma görevlisi doktor tarafından yapıldığı Grup 1 Manuel kontrol düşük akımlı genel anestezi (n:50), aynı ayarların anestezi cihazı tarafından otomatik olarak yapıldığı Grup 2 End-tidal kontrol düşük akımlı genel anestezi (n:50) olmak üzere 2 gruba ayrıldı.

Operasyon odasında tüm hastalara 20 Gauge (G) intraket ile el sırtı veya antekubital fossadan venöz damar yolu açıldı. Hasta başı monitör (GE Datex-Ohmeda FCM1-05 Anesthesia Monitor, Helsinki, Finland) ile elektrokardiyogram (EKG), periferik oksijen saturasyonu (SpO₂), ve noninvaziv kan basıncı (NIBP) monitörizasyonu yapıldı. Hastaların cinsiyet, yaş, kilo, boy gibi demografik bilgileri ile sigara kullanımı, ek hastalıkları, ASA skoru ameliyat öncesi rapor edildi. Tüm hastalara üç dakika maske ile %100 O₂ ve taze gaz akımı 5 L/dk iken spontan solunumda preoksijenasyon yapıldı. Hastalara 1-2 mcg/kg fentanil, 5–7 mg/kg tiyopental ile indüksiyon yapıp, 0,6 mg/kg rokuronyum ile kas gevşemesi sağlandıktan sonra hastalar uygun çaplı bir endotrakeal tüp ile entübe edildi. Çalışmamızda Anestezi cihazında (GE-Aisys CS2, USA) tidal volüm 7–10 ml/kg, solunum frekansı 12-14 /dk (End-Tidal CO₂ 30-40 mmHg olacak şekilde),

inspirasyon: ekspirasyon (İ:E) oranı 1:2 olacak şekilde senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon modunda mekanik ventilasyon uygulandı. Her iki grupta da taze gaz akışı 0,5 L/dakika olarak ayarlandı. MC grubunda, hastaya düşük akımlı anestezi başlanırken sevofluran konsantrasyonu öncelikle yüksekten başlanılıp anestezi tarafından müdahale edilerek end-tidal sevofluran düzeyinin %1,5 olması hedeflendi. Manuel kontrol grubunda sevofluran başlangıçta %3 olarak ayarlanıp %1,3–%1,7 aralığında tutularak %1,5 olarak hedeflendi ve bu hedef sevofluran ve /veya FGF’yi değiştirmek için anestezi tarafından ihtiyaç duyulan müdahale sayısı kaydedildi. End-tidal kontrol grubunda ise mekanik ventilatörde ETK mod kullanılarak end-tidal sevofluran konsantrasyonu (ETSev) %1,5 olarak ayarlandı. Her iki grupta taze gaz akışı kompozisyonu ETO₂ 0,40 olacak şekilde yapıldı. Tüm hastalarda hemodinamik kontrol amacı ile 1 mcg/kg/dk remifentanil infüzyonu uygulandı. Anestezi derinliği entropi cihazı ile takip edildi. Entübasyon sonrasında her iki grupta belirlenen hedef sevofluran ve hedef oksijen düzeyine ulaşma süreleri kaydedildi. Yine her iki grupta preoperatif, düşük akımlı ventilasyon sonrası 5. Dk, 10.dk, 30.dk, 1.saat kalp atım hızı (KTA), bazal ortalama arteriyal basınç (OAB), SpO₂ ve entropi değerleri kaydedildi. Remifentanil infüzyonu tahmini cerrahi bitiş süresinden 10 dakika önce kapatıldı. Sevofluran ise operasyon tamamlandığında kapatıldı. Manuel kontrol grubunda sevofluran kapatılması ile taze gaz akışı 10L/dk’ ya ve FiO₂ %100 ayarlandı, end-tidal kontrol grubunda ise mekanik ventilatörün ET Boşalt seçeneği kullanıldı. Hastanın spontan göz açması izlendikten sonra ekstübasyon gerçekleştirildi. Sevofluran iletiminin sonlandırılmasından ekstübasyona kadar geçen süre kaydedildi. Yine ameliyat sonunda anestezi süresi ve anestezi cihazındaki ETK kaydına bakılarak toplam gaz tüketimi (Sevofluran ml/dk) kaydedildi.

Tüm istatistiksel analizler IBM SPSS sürüm 25.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlerin normal dağılımı Lillefor düzeltmeli Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak değerlendirilmiş ve verilerin normal dağılıma uygun olduğu görülmüştür. Tablolarda sürekli değişkenler Mean±SD olarak sunulmuş, Kategorik değişkenler ise sayı (N) ve yüzde (%) olarak sunulmuştur. Gruplar arası karşılaştırmalar, sürekli değişkenler için independent t testi kullanılarak yapılmıştır. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasına yönelik Chi-Square testi kullanılmıştır. p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.BULGULAR

Tablo-3: Tüm hastaların sosyodemografik değişkenleri

Demografik değişkenler	N	%
Cinsiyet		
Kadın	47	47,0
Erkek	53	53,0
Toplam	100	100,0
Sigara kullanım durumu		
Kullanıyor	34	34,0
Kullanmıyor	66	66,0
Toplam	100	100,0

Tablo 3’te Chi Square test kullanılarak yapılan analizde düşük akım tekniği grupları ile cinsiyet ($p=0,548$) ve sigara kullanım ($p=0,673$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmemiştir.

Tablo-4: Tüm hastalara ait demografik veriler ve intraoperatif ölçülen parametre değerleri

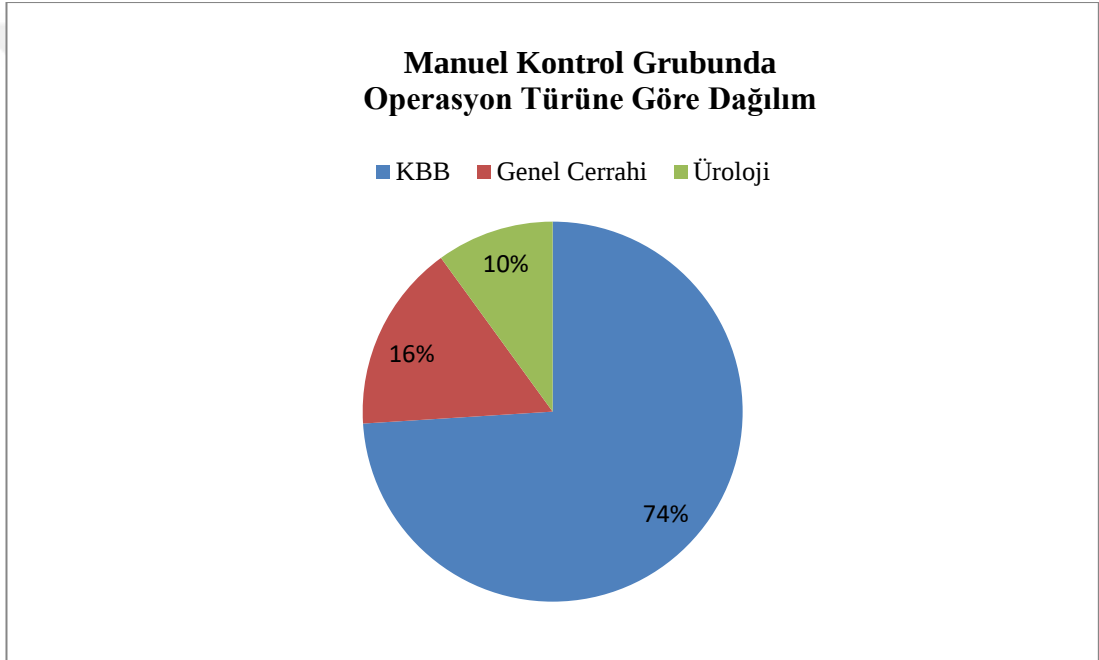
Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Kilo(kg)	40	98	70,82	13,51
Yaş	18	68	34,95	14,07
Boy(cm)	150	184	168,45	7,81
Hedef sevofluran için gereken süre(dk)	120	900	316,87	175,55
Hedef oksijen için gereken süre(sn)	180	980	500,43	264,96
Sevofluran miktarı(ml)	7	23	10,60	2,74
Sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre(sn)	180	980	500,43	264,96
Operasyon süresi(dk)	90	220	122,12	33,58
Hedef aralıkta kalması için gereken düzenleme sayısı	0	9	2,57	2,84

Tablo 4’de Independent t test kullanılarak yapılan analizde çeşitli değişkenler ile düşük akım tekniği grupları karşılaştırılmıştır. Yaş ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Manual kontrol grubuna kıyasla end-tidal grubu katılımcılarının yaşları daha yüksek bulunmuştur ($t=2,043$ $p=0,044$).

Hedef sevofluran için geçen süre ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmiştir. Hedef sevofluran için geçen süre End-tidal kontrol grubuna kıyasla manual kontrol grubunda daha yüksek bulunmuştur ($t=12,430$, $p<0,001$).

Aynı şekilde hedef oksijen için gereken süre ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Hedef oksijen için gereken süre End-tidal kontrol grubuna kıyasla manual kontrol grubunda daha yüksek bulunmuştur ($t=19,448$, $p<0,001$).

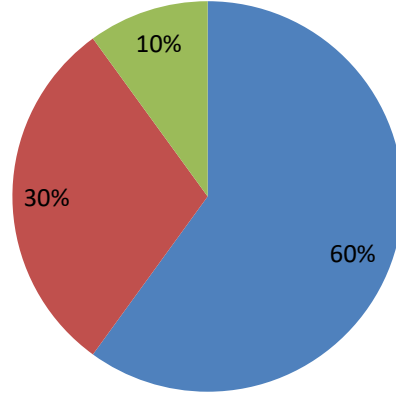
Sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre End-tidal kontrol grubuna kıyasla manual kontrol grubunda daha yüksek bulunmuştur ($t=3,408$, $p=0,001$).



Şekil 8: Manuel kontrol grubuna dahil edilen elektif operasyonlar

End-Tidal Kontrol Grubunda Operasyo Türüne Göre Dağılım

■ KBB ■ Genel Cerrahi ■ Üroloji



Şekil 9: End-tidal kontrol grubuna dahil edilen elektif operasyonlar

Tablo-5: Gruplara göre ek hastalıkların dağılımı

Ek hastalık	Manual Kontrol		End-tidal kontrol	
	N	%	N	%
Yok	41	82,0	32	64,0
Astım	3	6,0	2	4,0
Hipertansiyon (HT)	2	4,0	6	12,0
Hipotrioidi	3	6,0	2	4,0
Hiperlipidemi (HPL)	0	0,0	1	2,0
Depresyon	0	0,0	1	2,0
Şizofreni	0	0,0	1	2,0
HT+Diabetes Mellitus (DM)	1	2,0	1	2,0
HT+Hipotiroidi	0	0,0	1	2,0
Koroner Arter Hastalığı (KAH)+DM	0	0,0	1	2,0
HT+KAH+DM	0	0,0	1	2,0
Astım+Hipotiroidi+HT	0	0,0	1	2,0
Toplam	50	100,0	50	100,0

Tablo-6: Gruplar arası cinsiyet ve sigara oranlarının karşılaştırılması

Değişkenler	Manual		End-tidal		p*
	Kontrol		Kontrol		
Cinsiyet	N	%	N	%	
Kadın	25	50,0	22	44,0	0.548 ^a
Erkek	25	50,0	28	56,0	
Toplam	50	100,0	50	100,0	
Sigara					
Kullanıyor	16	32,0	18	36,0	0.673 ^a
Kullanmıyor	34	68,0	32	64,0	
Toplam	50	100,0	50	100,0	

p*: p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

^a: Chi Square test

Tablo 6’de Chi Square test kullanılarak yapılan analizde görüldüğü gibi düşük akım tekniği grupları ile cinsiyet (p=0,548) ve sigara kullanım (p=0,673) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmemiştir.

Tablo-7: Gruplar arası demografik veriler ve ASA skorlarının karşılaştırılması

Değişkenler	Manual		End-tidal		t/p
	Kontrol		kontrol		
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Kilo	50	68,48±13,74	50	73,16±12,99	t=-1.749 ^b p=0.083
Yaş	50	32,12±12,83	50	37,78±14,84	t=-2.043 ^b p=0.044*
Boy	50	168,46±7,76	50	168,44±7,94	t=0.013 ^b p=0.990

p*: p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

^b: Bağımsız t testi

Tablo 7’de Independent t test kullanılarak yapılan analizde görüldüğü üzere düşük akım tekniği gruplarında demografik veriler ve ASA skorlarının karşılaştırılmıştır. Yaş ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmiştir. Manual kontrol grubuna kıyasla end-tidal kontrol grubu katılımcılarının yaşları daha yüksek bulunmuştur (t=2,043 p=0,044).

Tablo-8: Gruplar arası müdahale sayısı ve intraoperatif kaydedilen sürelerin karşılaştırılması

Değişkenler	Manual Kontrol		End-tidal Kontrol		t/p
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Hedef aralıkta kalması için gereken düzenleme sayısı	50	5,14±1,70	50	0,00±0,00	t=21,349 ^b p<0,001*
Operasyon süresi (dk)	50	118,64±30,50	50	125,60±36,38	t=-1,037 ^b p=0,303
Sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre(sn)	50	521,30±171,00	50	417,20±131,92	t=3,408 ^b p=0,001*

p*: p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

^b : Bağımsız t testi

Tablo 8’ de Independent t test kullanılarak yapılan analizde görüldüğü gibi sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmiştir. Sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre end-tidal kontrol grubuna kıyasla manual kontrol grubunda daha yüksek bulunmuştur (t=3,408 p=0,001). Manual kontrol grubunda sevofluranın hedef aralıkta kalması için gereken düzenleme sayısının ortalaması ise 5,14±1,70 olarak bulunmuştur.

Tablo-9: Gruplar arası ortalama arter basıncı (OAB) değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	ManualKontrol End-tidalKontrol				t/p
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Preoperatif OAB	50	94,50±10,42	50	97,22±12,43	t=-1,171 p=0,245
Entübasyon sonrası 5.dk OAB	50	89,14±13,46	50	85,90±12,99	t=1,224 p=0,224
Entübasyon sonrası 10.dk OAB	50	82,50±13,40	50	76,82±15,28	t=1,976 p=0,051
Entübasyon sonrası 30.dk OAB	50	74,96±12,74	50	76,70±11,90	t=-0,706 p=0,482
Entübasyon sonrası 1.saat OAB	50	72,56±11,47	50	75,04±11,13	t=-1,096 p=0,276

Bağımsız t testi

Tablo 9’da görüldüğü gibi gruplar arasında entübasyon sonrası OAB değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmemiştir.

Tablo-10: Gruplar arası kalp atım hızı (KTA) değişkenlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	Manual		End-tidal		t/p
	Kontrol		kontrol		
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Preoperatif KTA	50	82,48±16,73	50	83,16±16,03	t=-0,208 ^b p=0,836
Entübasyon sonrası 5.dk KTA	50	90,8±13,48	50	86,90±12,82	t=1,513 ^b p=0,134
Entübasyon sonrası 10.dk KTA	50	83,98±14,39	50	79,08±13,44	t=1,759 ^b p=0,082
Entübasyon sonrası 30.dk KTA	50	73,60±13,83	50	70,56±11,90	t=1,178 ^b p=0,242
Entübasyon sonrası 1.saat KTA	50	67,60±13,68	50	65,44±9,35	t=0,922 ^b p=0,359

^b: Independent t testi

Tablo 10’da Independent t test kullanılarak yapılan analizde görüldüğü gibi entübasyon sonrası KTA değişkenleri ile gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmemiştir.

Tablo-11: Gruplar arası periferik oksijen saturasyon değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	Manual		End-tidal		t/p
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Preoperatif SpO ₂	50	99,32±1,03	50	98,98±1,16	t=1,537 ^b p=0,127
Entübasyon sonrası 5.dk SpO ₂	50	99,58±0,81	50	99,60±0,67	t=-0,134 ^b p=0,893
Entübasyon sonrası 10.dk SpO ₂	50	99,36±0,69	50	99,58±0,60	t=-1,686 ^b p=0,095
Entübasyon sonrası 30.dk SpO ₂	50	99,14±0,75	50	99,40±0,94	t=-1,516 ^b p=0,133
Entübasyon sonrası 1.saat SpO ₂	50	99,00±0,88	50	99,58±0,70	t=-3,641 ^b p<0,001*

p*: p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

^b: Bağımsız t testi

Tablo 11’de Independent t test kullanılarak yapılan analizde entübasyon sonrası saturasyon değişkenleri ile düşük akım tekniği grupları karşılaştırılmıştır. Yalnızca entübasyon sonrası 1. saat SpO₂ değişkeni ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmiştir. Entübasyon sonrası 1. saat SpO₂ değerleri manual kontrol grubuna kıyasla end-tidal kontrol grubunda daha yüksek bulunmuştur (t=3,641 p<0,001).

Tablo-12: Gruplar arası entropi değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	Manual		End-tidal		t/p
	Kontrol		Kontrol		
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Preoperatif entropi değeri	50	98,00±1,16	50	98,12±1,08	t=-0,535 ^b p=0,594
Entübasyon sonrası 5 dk entropi değeri	50	51,74±9,32	50	52,16±8,77	t=-0,232 ^b p=0,817
Entübasyon sonrası 10 dk entropi değeri	50	48,60±8,72	50	50,60±6,74	t=-1,282 ^b p=0,203
Entübasyon sonrası 30 dk entropi değeri	50	49,20±6,92	50	51,96±9,59	t=-1,649 ^b p=0,102
Entübasyon sonrası 60 dk entropi değeri	50	48,82±6,54	50	51,00±5,75	t=-1,768 ^b p=0,080

^b: Bağımsız t testi

Tablo-12’de bağımsız t testi kullanılarak yapılan analizde görüldüğü gibi entübasyon sonrası entropi değerleri ile her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmemiştir.

Tablo-13: Gruplar arası sevofluran tüketim değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler					t/p
	Manual		End-tidal		
	Kontrol		kontrol		
	N	Ort±SS	N	Ort±SS	
Sevofluran tüketimi (ml/h)	50	5,35±0,79	50	5,21±0,63	t=0,965 ^b p=0,337

p*: p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

^b : Bağımsız t testi

Tablo 13’de bağımsız t testi kullanılarak yapılan analizde görüldüğü gibi sevofluran tüketimi ile düşük akım tekniği grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmemiştir. (p=0,337).

Tablo-14: Gruplar arası sevofluran maliyeti değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler					p
	Manual		End-tidal		
	Kontrol		Kontrol		
	N	Median (minimum- maksimum)	N	Median (minimum- maksimum)	
Sevofluran maliyeti (TL/h)	50	17,08 (13,66–39,28)	50	17,08 (11,95–35,80)	p=0,394

p*: p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

Mann Whitney U testi

Tablo-14’de Mann Whitney U testi kullanılarak yapılan analizde görüldüğü gibi sevofluran maliyeti değerleri açısından her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmemiştir.

5. TARTIŞMA

Genel anestezi uygulamalarında maliyetin düşürülmesi, çevre kirliliğinin azaltılması, ısı ve nem oranının fizyolojik hale getirilmesi, ameliyathane ortamında sağlık çalışanına anestezi ajan maruziyetinin azaltılması gibi iyileştirmeler gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Düşük akımlı anestezinin kullanımı, bu kaygıların giderilmesi amacıyla son yıllarda yaygınlaşan alternatif bir teknik olarak göze çarpmaktadır (31). Anestezi cihazı teknolojisinin ve inhalasyon ajanlarının takibinin sürekli ve detaylı şekilde yapılabilmesini sağlayan monitörlerin geliştirilmesi, volatil anestezi ajanların farmakodinami ve farmakokinetikleri ile ilgili bilginin artması, düşük akımlı anestezinin tercih edilmesine katkıda bulunmuştur (22).

Genel anestezi sırasında anestezi ajan solutma sistemi ile hastanın akciğerlerine, sonrasında sistemik dolaşıma, oradan da santral sinir sistemine ulaşp anestezi oluşturur. Bu süreç sırasında hastanın yaşı, kilosu, boyu, ek hastalıkları, ASA skoru gibi faktörler hemodinami üzerinde önemli etkiler göstermektedir (15). Prospektif, randomize olarak yaptığımız bu çalışmada düşük akımlı anestezi tekniğinin end-tidal kontrol veya manual kontrol ile uygulanmasının anestezi ajan tüketim maliyetini ve derlenme üzerine etkilerini karşılaştırdık. Kilo, boy, ek hastalıklar ve ASA skoru açısından her iki grup benzer özellikteydi. Grupların yaşları karşılaştırıldığında end-tidal kontrol grubu yaş ortalaması ($37,78 \pm 14,84$), manual kontrol grubu yaş ortalamasına ($32,12 \pm 12,83$) göre yüksek bulundu ($p = 0,04$). Ancak bulunan bu hafif istatistiksel fark, her iki gruptaki hastaların genç yaş grubunda (18–65) olması nedeniyle klinik açıdan anlamlı düzeyde değildi.

Düşük akımlı anestezi tekniğinde hipoksi, hipoventilasyon, karbondioksit ya da toksik gaz birikimi, volatil anestezi dozunun fazla veya az olması gibi risklerden dolayı hasta mutlaka yakından izlenmelidir. Böylelikle hasta güvenliği açısından risk yaratabilecek komplikasyonlar hızlı fark edilerek gerekli müdahale yapılabilir (15). Bu risklerin oluşmasına toleransı olamayacak ek hastalıkları olan ya da majör cerrahi geçirecek hastalara düşük akımlı anestezi uygulanması önerilmemektedir (63). Biz de bu nedenle çalışmamıza ASA skoru I veya II olarak değerlendirilen ve minör veya orta derece risk grubunda operasyon geçirecek olan hastaları dahil ettik. Manual kontrol grubundaki hastaların %74'ü kulak burun boğaz/KBB (septorinoplasti, tiroidektomi, timpanoplasti), %16'sı Genel Cerrahi (Kolesistektomi, mastektomi,

paratiroidektomi, umblikal herni) ve %10'u Üroloji (Transuretral rezeksiyon mesane/TUR-M, Üretero-renoskopik taş kırma/URS) operasyonu idi. End-tidal kontrol grubunda ise hastaların %60'ı KBB, %30'u Genel Cerrahi ve %10'u Üroloji operasyonu geçirdi.

Düşük akım anestezisi, hastada havayolu basıncı, ekspirasyon sonu gaz hacmi, inspire edilen O₂ fraksiyonu (FiO₂), anestezik ajan ve CO₂ konsantrasyonunun anlık takip edilebildiği ve FiO₂, tepe basıncı, dakika tidal volüm gibi alarm sınır değerlerinin ayarlanabildiği cihazlar ile uygulanmalıdır (64). Biz de çalışmamızda bütün bu takip parametrelerine izin veren ve taze gaz akımının elektronik olarak denetlendiği GE Datex Ohmeda Aisys CS2 (GE-Healthcare, Madison, ABD) model anestezik cihazını kullandık.

Düşük akımlı anestezide akım ile orantılı olarak hastaya sunulan O₂ miktarı düşer. Bu da hipoksi riskini ortaya çıkarmaktadır. Hastaya O₂ sunumunun yeterli düzeyde olması ve dolayısıyla hipokseminin engellenebilmesi için inspiryum O₂ konsantrasyonu en az %30 olması uygundur (15). Çalışmamızda %40 O₂ kullanıp, FiO₂ alarm ayarını %30'un alt değerlerine ulaşmasına izin vermemek üzere düzenledik.

Anestezi uygulamalarındaki temel amaçlardan biri de hastanın hemodinamisinde değişiklik almadan stabilitenin sağlanmasıdır. Stabil bir hemodinami sağlanabilmesi için, kısa etkili bir μ opioid agonisti olan remifentanil uygun bir seçenektir (65). Tek başına hipnoz ve bilinç kaybı oluşturmaz ancak, anestezik ajanlarla beraber kullanılırsa sinerjistik etki gösterir (66). Deksmetomidin ve remifentanilin hemodinami, uyanma ve derlenme üzerine etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada kontrollü hipotansiyon oluşturmak için her iki ajanın birbirine üstünlüklerinin olmadığı ve güvenli olarak kullanılabileceği sonucuna varıldı (67). Genel anestezide altındaki hastalarda BIS ile anestezik derinliğinin takip edilmesinin anestezik ilaç tüketimi ve derlenmeye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada bütün hastalara 0,2 μ g/kg/dk remifentanil infüzyonu başlandı ve remifentanil infüzyon hızı hemodinamik yanıt ile klinik değerlendirmeye göre titre edilmiş olup hemodinamik stabilite remifentanil ile sağlandı (68). Cerrahi strese karşı hemodinamik yanıtları kontrol etmek için remifentanil ile sevofluranın karşılaştırıldığı bir çalışmada ise sevofluranın hemodinamik stabilite konusunda daha üstün olduğu görüşüne varıldı (69). Çalışmamızda ise düşük akım anestezik teknikleri

altında sevofluran kullanıldığımız ve tüketimi karşılaştırdığımız için sevofluranı hemodinamiyi sağlaması açısından kullanamazdık. Biz de KTA, OAB, SpO₂ gibi hemodinamik parametreleri stabil tutmaya yardımcı olması adına 0,1 µg/kg/dk remifentanil infüzyonu kullanmayı tercih ettik.

Düşük akımlı anestezide sevofluran ve desfluran gibi volatil ajanlar kullanılabilir. Işık ve ark. (70), çocuklarda 1 L/dk taze gaz akımıyla yaptığı bir çalışmada sevofluran ve desfluran kullanımında hemodinamik açıdan stabil seyrettiğini göstermişlerdir. Ceylan ve ark. nın yaptığı bir çalışmada (71), taze gaz akımı 1 L/dk ile desfluran ve sevofluran kullanılarak hemodinamik parametreler kıyaslandığında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Stabernack ve ark, KOH ve NaOH'in farklı konsantrasyonlarını içeren absorbanlar üzerine yaptığı bir çalışmada, güçlü baz konsantrasyonunun azaltılması veya elimine edilmesi ile compound A birikiminin ihmal edilebilir düzeyde oluşacağını ileri sürmüştür (72). Sevofluran veya isofluranın kullanıldığı düşük akımlı anestezi uygulanan bir çalışmada, renal fonksiyon testlerinde bir farklılık görülmemiştir (73). Bito ve ark.' nın yaptığı bir çalışmada, sevofluran anestezisi altında 5 saatten uzun süren operasyon geçiren hastalarda Compound A ve Compound B biriktiği tespit edilip klinik veya laboratuvar açıdan karaciğer ve böbrek fonksiyonlarında bozukluk görülmemiştir (74). Sevofluran ile düşük akım anestezisi altında farklı absorbanların kullanılarak yapılan ve en fazla Compound A birikiminin Wakolime-A absorbanı ile olduğu fakat bunun da ratlarda görülen akut toksisite oluşturan Compound A konsantrasyonlarının çok altında olduğu bulunan benzer bir çalışmada ise düşük akımlı anestezide sevofluran kullanımının tercih edilmeme sebebi olarak compound A bileşenin birikim endişesinin yersiz olduğu gösterilmiştir (75). Günümüzde yapılan çalışmalar sonucunda düşük akımlı anestezi tekniklerinin kullanımı sırasında volatil anestezi ajan olarak sevofluran tercih edilmesinin endişe yaratacak bir durum oluşturmadığı bilinmektedir. Biz de 0,5 L/dk taze gaz ile düşük akımlı anestezi uyguladığımız çalışmamızda volatil anestezi ajan olarak sevofluranı tercih ettik.

Genel anestezi altında ağırlı uyaranlara karşı gelişen sempatik yanıt, kliniğe sistolik arter basıncı ve kalp atım hızında artış gibi hemodinamik parametrelerde değişiklik olarak yansımaktadır. Bu durum farklı akımda uygulanan anestezi altında hemodinamik değişikliklerin görülebileceği fikrini doğurmaktadır. Hargasser ve ark.'nın (76) çalışmasında düşük akım ile yüksek akımlı anestezi alan hasta grupları

kıyaslandığında hemodinamik parametreler açısından fark gözlenmemiştir. Elmacıoğlu ve ark. (77) 0,5-1-2 L/dk taze akım hızı ile minimal akımlı anestezi altında yaptıkları çalışmada ise perioperatif hemodinamik stabilite izlendiği, minimal akımlı anestezinin derlenme üzerine olumsuz etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Arora ve ark.'nın (78) 2020 yılında yaptıkları 84 hastayı içeren düşük akımlı anestezi altında end-tidal kontrol ve manual kontrol tekniklerini anestezik ajan kullanımı açısından karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki grupta hemodinamik parametrelerin benzer olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda da benzer olarak preoperatif ve intraoperatif ilk 1saat boyunca ortalama arter basıncı, nabız ve saturasyon değerleri gibi hemodinamik parametreler stabil seyretmiş olup her iki grup arasında hemodinamik parametreler açısından fark bulunmamıştır. Çalışmamızda her iki grupta remifentanil infüzyonu kullanmamızın bu sonuca etkisinin olduğunu düşünmekteyiz.

Volatil anestezik ajanların yağda çözünürlüğü, konsantrasyonu, tüketim süresi ve hastanın alveoler ventilasyon düzeyi gibi faktörler derlenme zamanını etkilemektedir. Bu faktörlere ek olarak volatil anestezik ajanları potansiyelize eden diğer anestezik ilaçlar da yer almaktadır, sonuç olarak derlenme süresi de etkilenmektedir (79, 80). Biz de çalışmamızda bu etkileri en aza indirmek adına induksiyon ve idamede uygulanan diğer anestezik ilaçları (fentanyl, thiopental, rokuronyum, remifentanil) standart dozlarda kullandık. Lucangelo ve ark. düşük akımlı sevofluran anestezisi altında end-tidal kontrol ve manuel kontrol tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında derlenme sürelerini sevofluran kapatılmasından ekstübasyona kadar geçen süre olarak almış olup her iki grupta uyandırma evresinde TGA'yı 10 L/dk şeklinde ayarladılar ve derlenme sürelerini end-tidal kontrol grubunda 7,0 (5,0–11,0) dk, manuel kontrol grubunda 8,0 (6,0–12,0) dk olarak benzer buldular (81). Lortat ve ark.'nın desfluran anestezisi altında end-tidal kontrol ve manuel kontrol gruplarını karşılaştırdıkları çalışmada, uyandırma sırasında ventilasyon basınç destek moduna alınıp yeterli analjezi düzeyi solunum hızına göre takip edildi, solunum hızı dakikada 16'nın altında iken desfluran kesilip hastaya saf oksijen verildi, TGA 10 L/dk olarak ayarlandı ve basit emirlere yanıt alındığında hasta ekstübe edildi. Bu çalışmada göz açma ve trakeal tüpün çıkarılma süresi end-tidal kontrol grubunda sırasıyla ortalama 3,9 dk ve 5,3 dk, manuel kontrol grubunda ise sırasıyla 4,6 dk ve 6,0 dk olarak bulunmuş olup her iki grupta da

benzerdi (82). Bizim çalışmamızda da gruplar karşılaştırıldığında sevofluran kapatılmasından göz açma ile eş zamanlı yapılan ekstübasyona kadar geçen süre end-tidal kontrol grubunda $6,9 \pm 2,1$ dk, manual kontrol grubunda ise $8,6 \pm 2,8$ dk olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da sevofluran kapatılmasının ardından TGA 10 L/dk'ya ayarlanmış olup end-tidal kontrol grubunda ekstübasyon süresinin daha kısa bulunmasının sebebini end-tidal kontrol modunun ET Boşalt seçeneğinin kullanılarak wash-out işlemi yapılmasına bağlı olduğunu düşündük.

Düşük akımlı anestezide, akımın düşürülmesi sonucu olası gaz alımı yetersiz kalabilir. Bu da anesteziyi derinleştirmediğinden farkında olma riskini doğurmaktadır (44). Farkındalığı önlemek için anesteziistler tarafından intraoperatif anestezi derinliğinin izlenmesi önemlidir. Bispektral indeks (BIS) ve entropinin genel anestezi altında hastalarda anestezi derinliği açısından kullanılabileceği gösterilmiştir (62, 83). Çalışmamızda ideal anestezi derinliğinde olduğumuzu ve iki grup için hedef anestezi derinliğine ulaşıldığını göstermek için entropi monitorizasyonunu kullandık. Her iki grupta preoperatif ve intraoperatif 1 saat boyunca hastaların bazal entropi değerleri benzer olarak bulunmuştur.

Anesteziistler tarafından düşük akımlı tekniğe eğilimin artma sebepleri arasında, atmosfer kirliliğine bağlı ekolojik kaygılar ve yüksek akımlı anestezide ortaya çıkan sevofluran, desfluran gibi volatil ajanların yüksek maliyeti nedenli ekonomik kaygılar yer almaktadır. Ekolojik etkiler açısından bakıldığında otomatik kontrollü anestezi makinelerinin bu anlamda da avantajlı olduğuna dair kanıtlar mevcuttur. Karbondioksit referans değer kabul edilerek 100 yıllık bir süre zarfındaki sera gazlarının küresel ısınmaya etkisi, Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) olarak tanımlanmaktadır (84). İlk defa 2016 yılında Vollmer ve arkadaşları tarafından pratikte en sık kullanılan anestezi ajanlarının GWP değerleri ölçülmüş ve yayınladıkları makalede desfluranın halotan, izofluran ve sevoflurana göre daha fazla atmosferik kirlilik oluşturduğu ifade edilmiştir. Ölçülen GWP değerlerine göre atmosferdeki anestezi ajanların %80'ini desfluranın oluşturduğu ve desfluranın sera etkisine en çok sebep olan anestezi ajan olduğu sonucuna varılmıştır (84). Bu sebeple anestezi ajan tüketiminin azaltılması küresel ısınma ile mücadeleye katkı sağlayacaktır. Ekolojik açıdan olumsuz etkilerin azaltılmasını sağlayan düşük akımlı anestezi kullanımı, aynı zamanda ekonomik bakımdan da volatil anestezi ajan tüketiminde azalma sağlayarak olumlu etkiler sağlamaktadır. Bununla ilgili

Odin (79), hastane giderleri ile ilgili yaptığı bir çalışmada toplam giderin yaklaşık %1'lik payında anestezinin yer aldığını, toplam ilaç tüketiminin %5,7'lik payında anestezi ilaçlarının ve bu ilaçların %20'lik payında da volatil anestezi ajanlarının yer aldığını bildirmiştir. Anesteziye bağlı harcamalar hastane giderlerinin büyük bir kısmını oluşturduğundan, anestezide maliyeti düşürmek büyük önem arz etmektedir. Anestezi ajanının satış fiyatı, potansi, gaz konsantrasyonu ve taze gaz akımı gibi faktörler maliyeti belirler. Bu faktörlerin içinde değiştirilebilir olanı ise taze gaz akım oranıdır. Düşük akımlı anestezinin yeniden solutma unsuru sayesinde atık sistemine atılan gaz miktarı minimuma düşer. Taze gaz akımı ile volatil anestezi ajanının tüketimi ve sonuç olarak maliyeti doğru orantılı olarak düşürülebilir (79,85). Potdar ve arkadaşlarının 100 hastalık serinin manuel kontrol ile otomatik kontrol olmak üzere iki grupta sevofluran tüketimini karşılaştırdığı çalışmada, bütün hastalara TGA 1,5 L/dk ayarlanmış olup hedef ET sevofluran 1,5 olarak belirlendi ve manual kontrol grubunda sevofluran %2 ile başlatılıp ET sevofluran %1,5'a ulaşana dek her 5 dakikada bir %0,5 oranında titre edilerek değişim yapıldı. Sevofluran tüketiminin önemli ölçüde otomatik kontrol grubundan daha düşük olduğu sonucuna varıldı (86). Otomatik kontrol ve manuel kontrollü yaklaşımlarda farklı anestezi gazları kullanılarak yapılan çalışmalar da mevcuttur. Lortat-Jacob ve arkadaşlarının 80 hastalık otomatik mod ve manuel kontrol modu arasında tüketilen desfluran miktarını karşılaştırdığı çalışmalarında manual kontrol grubunda TGA (1L/dk) değiştirilmeksizin desfluran başlangıçta %18 olarak ayarlanıp hedef değere ulaştığında yine o değere düşüldü, end-tidal desfluran değerini düşürebilmek için ise TGA önce 8L/dk'ya yükseltilip daha sonra 1L/dk'ya düşürülerek anestezi tarafından toplam 3 kez müdahale edildi. Otomatik modun gaz tüketimini önemli ölçüde azalttığı ve daha ekonomik olduğu şeklinde sonuçlar elde edildi (87). Tay ve arkadaşlarının Avustralya merkezli, otomatik ve manuel kontrollü anestezi cihazlarının maliyet ve çevresel etkilerini inceledikleri prospektif çalışmalarında 3675 genel anestezi vakası 1865'i manuel kontrol ve 1810'u otomatik kontrol olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Desfluran, isofluran ve sevofluran gazlarının emisyon değerleri ve maliyet hesapları çıkarılmıştır. Anestezi gaz maliyeti, manuel kontrol kullanılarak 18,87 \$ / saat ve otomatik kontrol kullanılarak 13,82 \$ / saat olarak bulunmuştur. 100 yıllık küresel ısınma potansiyeli manuel grupta 23,2 kg / saat karbondioksit eşdeğerinde iken, otomatik mod kullanıldığında ise 13,0 kg / saate

düşüş göstermiştir (88). Yine Odin ve ark düşük akımlı anestezi kullanarak maliyet hesabı yaptıkları çalışmasında otomatik kontrolün manuel kullanıma göre maliyet avantajı olduğunu göstermişlerdir (79). Literatüre baktığımızda manuel kontrol ve otomatik kontrol grupları arasında inhale gaz tüketimi açısından anlamlı fark bulunamayan çalışmalar da mevcuttur. Lucangelo ve ark.'nın düşük akımlı anestezide end-tidal ve manual kontrol gruplarında anestezi ajan tüketimini karşılaştırdıkları çalışmalarında ise manual kontrol grubunda TGA 1 L/dk olarak tutulup başlangıç sevofluran değeri %8 olarak ayarlandı, hedeflenen sevofluran değerine ulaşıldığında gönderilen sevofluran oranına müdahale edildi, yeterli düşüş sağlanamadığında sevofluran %4'e ayarlanıp tekrar müdahale edildi, hedef end-tidal anestezi ajan değerine (%1) ulaşana kadar yapılan müdahale sayısı kaydedildi ve otomatik kontrol grubunda sevofluran tüketiminde önemli bir düşüş göstermediği belirtildi (89). Bizim çalışmamızda da anestezi ajanının tüketimi manual kontrol grubunda $5,35 \pm 0,79$ ml/h, end-tidal kontrol grubunda ise $5,21 \pm 0,63$ ml/h olarak bulundu ve sevofluran maliyeti manual kontrol grubunda $17,08 \pm 4,79$ TL/h, end-tidal kontrol grubunda ise $17,08 \pm 4,65$ TL/h olarak hesaplanmış olup her iki grup arasında anlamlı fark bulunmadı. Bütün hastalarda TGA' yı 0,5 L/dk olarak kullandığımız çalışmamızda, manual kontrol grubunda uyguladığımız sevofluran başlangıç değerini maksimum seviye (%8) yerine daha düşük değerde (%3–4) tutarak, %1,5 hedef sevofluran değerine ulaşabilmek için %1,3–%1,7 aralığında kalabilmeyi amaçlayarak müdahaleyi daha sık yapmamızın bu sonuca ulaşmamızda etkisi olduğunu düşünmekteyiz.

6. SONUÇ

Bizim bu çalışmayı planlarken amacımız 18–65 yaş aralığında, ASA I-II grubunda ve elektif cerrahi geçirecek hastalarda düşük akımlı anestezi tekniklerinden end-tidal kontrol ile manual kontrolün sevofluran maliyetine ve klinik açıdan etkilerini karşılaştırmaktı.

Sonuç olarak çalışmamızda her iki grup arasında volatil anestezi ajan maliyeti açısından anlamlı bir fark bulunmamış olup literatürdeki düşük akım kullanılarak yapılan daha geniş vaka serilerinde end-tidal kontrol tekniğinin manual kontrol tekniğine göre maliyet etkin olduğu gösterilmiştir. Maliyet etkin olmayan çalışmaların varlığı da mevcuttur.

Bu bilgiler ışığında end-tidal kontrol tekniğinin kullanımı son yıllarda popülerite kazanmakla birlikte literatürde karşıt görüşler de mevcuttur. Çalışmamızda volatil anestezi ajan tüketiminin istatistiksel olarak anlamlı olmamasının yanında anestezi uzmanları tarafından operasyon boyunca manual teknikteki gibi gaz akımına müdahalenin olmaması ve hasta kliniğinin takibinin daha konforlu olması end-tidal tekniğini pratik anlamda daha cazip kılmaktadır. Hemodinamik parametrelerin değişken analizlerinde her iki grupta benzer sonuçlar olması ve parametrelerin stabil seyretmesi end-tidal kontrol tekniğinin güvenle kullanılabileceği yönünde kanıtlar sunmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Deitel M. A brief history of the surgery for obesity to the present, with an overview of nutritional implications. J Am Coll Nutr 2013; 2: 136-42.
2. Satman İ, Yumuk VD, Erem C ve ark. Obezite Tanı ve Tedavi Klavuzu. 1. Baskı, Ankara: Miki Matbaacılık, 2014.
3. O'Brien PE. Bariatric surgery: mechanisms, indications and outcomes. J Gastroenterol Hepatol 2010; 8: 1358-65.
4. Kayhan Z: Anesteziye kullanılan araç-gereç: Klinik anestezi. 3. Baskı, Ankara: Logos yayıncılık, 2004: 126-150.
5. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ ve ark. Breathing Systems: Clinical Anesthesiology. 4. Baskı. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ, Larson CP (Eds.) McGraw-Hill, Los Angeles 2005: 27-39.
6. Baum JA. Solutma sistemlerinin teknik özelliklerine göre sınıflandırılması. Tomatır E (Çeviren). Düşük akımlı, minimal akımlı ve kapalı sistemle anesteziye kuram ve uygulama. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2002: 13-16.
7. Baum JA. Theory, practice, technical preconditions, advantages, and foreign gas accumulation. J. Anesth. 1999; 13: 126-134.
8. Lajunen M. What and why of low flow anesthesia. Datex-Ohmeda. 2001.
9. Baum JA. Anesteziye yeniden solutmalı sistemlerin üstünlükleri. Tomatır E (Çeviren). Düşük akımlı, minimal akımlı ve kapalı sistemle anesteziye kuram ve uygulama. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi. 2002.
10. Dorsch JA, Dorsch SE. Mapleson Breathing system. Understanding anaesthesia equipment. 5. ed., William and Wilkins, New Delhi, 2008: 209-221.
11. Sellers WF, Dykes S. Don't pre-oxygenate with a 3-metre Bain circuit. Anaesthesia 2003; 58: 916.
12. Longneker DE. Anesthesiology. Mcgraw-hill Professional 2007: 795.
13. Gootjes P, Lagerweij E. Quality comparison of different CO2 absorbents. Anaesthesist. 1981; 30: 261-264.
14. Andrews JJ, Johnston RV Jr, Bee DE ve ark. Photodeactivation of ethyl violet: a potential hazard of Sodasorb. Anaesthesiology. 1990; 72: 59-64.

15. Baum JA. Düşük akımlı anestezi, minimal akımlı ve kapalı sistemle anestezi kuram ve uygulama. Tomatır E (Çeviren) İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri (Orijinal Basım Tarihi 2000). 2002.
16. Baum J. Düşük akımlı anestezi. Tomatır E (Çeviren). Düşük taze gaz akımlı anestezi yöntemleri. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul: 2002: 54-72.
17. Odin I, Feiss P. Low flow and economics of inhalational anaesthesia. Best Pract Res Clin Anaesthesiol 2005; 19: 399–413.
18. Baum JA: What does the term, low flow anaesthesia mean? In: Baum JA (Ed): Low-Flow Anaesthesia with Drager Machines, 2. ed., Lübeck: Dragerwerk AG, 1993: 8.
19. Arkan A, Kuvaki B: Azaltılmış taze gaz akımlı anestezi yöntemleri. Anestezi Dergisi; 2001; 9: 1-18.
20. Baker AB: Low flow and closed circuits (editorial). Anaesth Intens Care 1994; 2:341-342.
21. CEN-Comite Europeen de Normalisation, ed. Anaesthetic Workstations and their modules- Particular requirements. EN 740. Brussels, 1998.
22. Moyle JTB, Davey A ve Ward CS. Ward's Anaesthetic Equipment. 4. ed., London: W.B. Sanders, 1998.
23. Ehrenwerth J, Eisenkraft JB. Anesthesia Equipment. Principles and Applications. Mosby, St. Louis, 1993.
24. Dorsch JA, Dorsch SE. Understanding Anesthetic Equipment. Construction, Care and Complications. 3. ed., Baltimore: Williams and Wilkins, 1994.
25. Baum J. Düşük akımlı anestezi. Tomatır E (Çev. ed). Anesteziye yeniden solutmalı tekniğin üstünlükleri. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul. 2002.
26. Bilgi M, Goksu S, Mizrak A ve ark. 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) 2011; 28(4): 279-283.
27. Kleemann P. Humidity of anaesthetic gases with respect to low flow anaesthesia. Anaesthesia and intensive care 1994; 22(4): 396-408.
28. Tyagi A, Venkateswaran V, Jain AK ve ark. Cost analysis of three techniques of administering sevoflurane. Anesthesiology research and practice 2014.

29. Eger E. Economic analysis and pharmaceutical policy: a consideration of the economics of the use of desflurane. *Anaesthesia* 1995; 50(10): 45-48.
30. Lajunen M. What and why of low flow anesthesia. Datex-Ohmeda. 2001.
31. Epstein RH, Dexter F, Maguire DP ve ark. Economic and environmental considerations during low fresh gas flow volatile agent administration after change to a nonreactive carbon dioxide absorbent. *Anesthesia & Analgesia* 2016; 122(4): 996-1006.
32. Baxter AD. Low and minimal flow inhalational anaesthesia. *Canadian Journal of Anaesthesia* 1997; 44(6): 643.
33. Yıldırım A, Göksu H, Toprak GÇ ve ark. İzofluran, desfluran, sevofluran ile uygulanan düşük akımlı anestezinin, anestezi kalitesi ve güvenilirliğinin karşılaştırılması. *Fırat Tıp Dergisi* 2006; 11(3): 170-174.
34. Igarashi M, Watwnabe H, Iwasaki H ve ark. Clinical evalution of low flow sevoflurane anaesthesia for pediatric patients. *Acta Anaesth Scand* 1999; 43: 19-23.
35. Smith FD. Management of exposure to waste anesthetic gases. *AORN journal* 2010; 91(4): 482-494.
36. Murdoch JC, Sandler T. The voluntary provision of a pure public good: The case of reduced CFC emissions and the Montreal Protocol. *Journal of Public Economics* 1997; 63(3): 331-349.
37. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use. *Anesthesia & Analgesia* 2010; 111(1): 92-98.
38. Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M ve ark. Modern inhalation anesthetics: potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophys Res Lett* 2015; 42: 1606-1611.
39. Baum J. Düşük akımlı anestezi. Tomatır E (Çeviren). Düşük akımlı anestezi de hasta güvenliği boyutu. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul: 2002: 191-219.
40. Sykes O. Oxygen monitoring during low flow anaesthesia. *Journal of clinical monitoring and computing* 2010; 24: 141.
41. Sykes, O. Metabolic oxygen requirements. *Anaesthesia* 2017; 72: 405-416.

42. Baum J. Düşük akımlı anestezi. Tomatır E (Çeviren). Düşük taze gaz akımlı anestezi uygulaması için teknik gereksinimler. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul: 2002: 111-190.
43. Morris LE. Closed carbon dioxide filtration revisited. *Anaesthesia and intensive care* 1994; 22(4): 345-358.
44. Baum JA. Low-flow anesthesia: theory, practice, technical preconditions, advantages, and foreign gas accumulation. *Journal of Anesthesia* 1999; 13(3): 166-174.
45. Morita S, Latta W, Hambro K ve ark. Accumulation of methane, acetone, and nitrogen in the inspired gas during closed-circuit anesthesia. *Anesthesia and analgesia* 1985; 64(3): 343-347.
46. Baxter PJ, Garton K, Kharasch ED. Mechanistic aspects of carbon monoxide formation from volatile anesthetics. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 1998; 89(4): 929-941.
47. Coppens M, Versichelen L, Rolly G ve ark. The mechanisms of carbon monoxide production by inhalational agents. *Anaesthesia* 2006; 61(5): 462-468.
48. Aisys CS2 ETC kullanım kılavuzu yazılım sürümü 11.
49. Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. Morgan & Mikhail Klinik Anesteziyoloji (V. Baskı). Çuhruk H (Çeviren) Ankara, Güneş Kitabevi. 2015; Bölüm 8: İnhalasyon Anestezikleri; 154-159, 162-164, 170-172.
50. Nickalls RWD, Mapleson WW. Age-related iso-MAC charts for isoflurane, sevoflurane and desflurane in man. *Br J Anaesth* 2003; 91: 170-174.
51. Godet G, Watremez C, El Kettani C ve ark. A comparison of sevoflurane, target-controlled infusion propofol, and propofol/isoflurane anesthesia in patients undergoing carotid surgery: a quality of anesthesia and recovery profile. *Anesth Analg* 2001; 93: 560-565.
52. Gauthier A, Girard F, Boudreault D ve ark. Sevoflurane Provides Faster Recovery and Postoperative Neurological Assessment than Isoflurane in Long Duration Neurosurgical Cases. *Anesth Analg* 2002; 95: 1384-1388.
53. Brown BR, Frink EJ. Whatever happened to sevoflurane? *Can J Anaesth* 1992; 39: 207-209.
54. Ong Sio LCL, Dela Cruz RGC, Bautista AF. Sevoflurane and renal function: a meta-analysis of randomized trials. *Med Gas Res* 2017; 17: 186-193.

55. Yamakage M, Takahashi K, Takahashi M ve ark. Performance of four carbondioxide absorbents in experimental and clinical settings. *Anaesthesia* 2009; 64: 287-292.
56. Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. Morgan & Mikhail Klinik Anesteziyoloji (V. Baskı). Cuhruk H (Çeviren), Ankara, Güneş Kitabevi. 2015; Bölüm 8: İnhalasyon Anestezikleri; syf: 154-159, 162-164, 170-172
57. Bruhn J, Myles PS, Sneyd R ve ark. Depth of anaesthesia monitoring: what's available, what's validated and what's next? *British Journal of Anaesthesia*. 2006; 97(1): 85-94.
58. Stanski, DR, Shafer SL. Measuring Depth of Anesthesia. In: Miller RD (Ed.). *Anesthesia*. 6. Ed. Philadelphia Pennsylvania: Churchill Livingstone, 2005: 1227–1264.
59. Bestas A, Bayar MK, Erhan OL. Genel anestezi esnasında kullanılan tramadolün BİSpektral indeks, farkında olma ve erken postoperatif ağrı üzerine etkileri. *Türkiye Klinikleri Anesteziyoloji Reanimasyon Dergisi* 2004: 113-118.
60. Aho AJ, Yli-Hankala A, Lyytikainen LP ve ark. Facial muscle activity, Response Entropy, and State Entropy indices during noxious stimuli in propofol-nitrous oxide or propofol-nitrous oxide-remifentanil anaesthesia without neuromuscular block. *British Journal of Anaesthesia* 2009; 102(2): 227-233.
61. Lysakowski C, Elia N, Czarnetzki C ve ark. Bispectral and spectral entropy indices at propofol-induced loss of consciousness in young and elderly patients. *British Journal of Anaesthesia* 2009; 103(3): 387-393.
62. Vartiö-Oja H, Sarkela M, Talja P ve ark. Description of the Entropy algorithm as applied in the Datex-Ohmeda S/5 Entropy Module. *Acta anaesthesiologica Scandinavica* 2004; 48(2): 154-161.
63. Hekimoğlu S, Paksoy D, Özer Çınar S ve ark. Orta süreli ameliyatlarda sevofluran ve desfluranla sağlanan düşük akım anestezinin böbrek ve karaciğer işlevlerine etkisi. *Anestezi Dergisi* 2006; 14: 180-185.
64. Ghouri AF, Bodner M, White PF. Recovery propile after desflurane-nitrous oxide versus isoflurane-nitrous oxide in outpatients. *Anesthesiology* 1991; 74: 419-424.

65. Glass PSA, Hardman D, Kamiyama Y. Preliminary pharmacokinetics of an ultrashort acting opioid: Remifentanil. *Anesth Analg* 1993; 77: 1031-1040.
66. Van Delden PG, Houweling PL, Bencini AF ve ark. Remifentanly-sevofluran anaesthesia for laparoscopik cholecystectomy: comparasion of three döşe regiments *Anaesthesia* 2002; 57: 212-217.
67. Adıgüzel Ş, Şen Ö, Özkaya G ve ark. Timpanoplasti ve timpanomasteidektomi ameliyatlarında deksmedetomidin ve remifentanilin hemodinami, uyanma ve derlenme üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Türk J Anaesth Reanim* 2013; 41: 14-17.
68. Baykal D, Özdamar D, Hoştan T ve ark. Transsfenoidal hipofizektomilerde BİS monitorizasyonunun sevofluran tüketimine etkisi. *Türk Anest. Rean. Dergisi* 2011; 39(5): 257-264.
69. Emilio M, Estibaliz A; Rosario R ve ark. An Inhalation Bolus of Sevoflurane Versus an Intravenous Bolus of Remifentanil for Controlling Hemodynamic Responses to Surgical Stress During Major Surgery. *Anesthesia & Analgesia* 2002: 1217-1222
70. Isik Y, Goksu S, Kocoglu H ve ark. Low flow desflurane and sevoflurane anaesthesia in children. *Eur J Anaesthesiol* 2006; 23: 60-64.
71. Ceylan A, Kırdemir P, Kabalak A ve ark. Düşük akım desfluran ve sevofluran anestezisinde karboksihemoglobin, hemodinami ve uyanma kriterlerinin karşılaştırılması. *Gülhane Tıp Dergisi* 2004; 46: 291-297.
72. Stabernack CR, Brown R, Laster MJ ve ark. Absorbents differ enormously in their capacity to produce compound A and carbon monoxide. *Anesth Analg* 2000; 90: 1428- 1435.
73. Kharasch ED, Frink EJ, Artru A ve ark. Long-duration low-flow sevoflurane and isoflurane effects on postoperative renal and hepatic function. *Anesth Analg* 2001; 93: 1511-1520.
74. Bito H, Ikeda K. Closed-Circuit Anesthesia with sevoflurane in humans: effects on renal and hepatic function and concentrations of breakdown products with soda lime in the circuit. *Anesthesiology* 1994; 80:71-76.
75. Osawa M, Shinomura T, Murakawa M ve ark. Compound-A concentration and the temperature of CO2 absorbents during low-flow sevoflurane anesthesia in surgical patients. *J Clin Anesth* 1995; 9: 1-5.

76. Hargasser S, Hipp R, Breinbauer B ve ark. A lower solubility recommends the use of desflurane more than isoflurane, halothane, and enflurane under low-flow conditions. *Clin Anesth* 1995; 7(1): 49-53.
77. Elmacioğlu MA, Göksu S, Koçoğlu H ve ark: 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.
78. Arora K, Swami A, Puppala P ve ark. Comparative Study of Automated End Tidal Control Versus Manual Fresh Gas Flow Adjustment with Respect to Gas Usage and Delivery during Low Flow Anesthesia. *Anesth Crit Care* 2020; 2 (2): 39-51
79. Odin I. Low flow and economics of inhalational anaesthesia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2005; 19: 399-413
80. Tomatır E. Düşük akımlı anestezi ve maliyet. *Anestezi Dergisi* 2002; 10: 149-156.
81. Lucangelo U, Garufi G, Marras E ve ark. End-tidal versus manually-controlled low-flow anesthesia. *Journal of clinical monitoring and computing* 2014; 28: 117-121.
82. Lortat-Jacob B, Billard V, Buschke W ve ark. Assessing the clinical or pharmaco-economical benefit of targEt controlled desflurane delivery in surgical patients using the Zeus anaesthesia machine. *Anaesthesia* 2009; 64: 1229–1235.
83. Vernon JM, Lang E, Sebel PS ve ark. Prediction of movement using bispectral electroencephalographic analysis during propofol/alfentanil or isoflurane/alfentanil anesthesia. *Anesthesia and Analgesia* 1995; 80(4): 780-785.
84. Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M ve ark. Modern inhalation anesthetics: potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophys Res Lett* 2015; 42: 1606-1611
85. Chernin EL. Pharmacoeconomics of inhaled anesthetic agents: considerations for the pharmacist. *Am J Health-Syst Pharm* 2004; 61: 18-22.
86. Potdar MP, Kamat LL, Save MP. Cost efficiency of target-controlled inhalational anesthesia. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2014; 30: 222–227.

87. Lortat-Jacob B, Billard V, Buschke W ve ark. Assessing the clinical or pharmaco-economical benefit of target controlled desflurane delivery in surgical patients using Zeus anaesthesia machine. *Anaesthesia* 2009; 64: 1229-1235.
88. Tay S, Weinberg L, Peyton P ve ark. Financial and environmental costs of manual versus automated control of end-tidal gas concentration. *Anaesth Intensive Care* 2013; 41: 95–101.
89. Lucangelo U, Garufi G, Marras E ve ark. End-tidal versus manually-controlled low-flow anaesthesia. *J Clin Monit Comput* 2014; 28: 117–121.

