



T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**OBEZİTE CERRAHİSİNDE MİNİMAL AKIM ANESTEZİ
UYGULAMASI VE İNHALASYON AJANLARININ
MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

GAMZE YILMAZ OKUMUŞ

UZMANLIK TEZİ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. ALİ FUAT ERDEM

2024-SAKARYA

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**OBEZİTE CERRAHİSİNDE MİNİMAL AKIM ANESTEZİ
UYGULAMASI VE İNHALASYON AJANLARININ
MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

GAMZE YILMAZ OKUMUŞ

UZMANLIK TEZİ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. ALİ FUAT ERDEM

2024-SAKARYA

ONAY

Kurum : Sakarya Üniversitesi/Tıp Fakültesi

Program türü : Uzmanlık Tezi

Anabilim Dalı : Anesteziyoloji ve Reanimasyon

Tez sahibi : Dr. Gamze Yılmaz Okumuş

Sınav Tarihi : 12.12.2024

Saat: 10:30

Tez başlığı : Obezite cerrahisinde minimal akım anestezi uygulaması ve inhalasyon ajanlarının maliyetlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma, içerik ve kalite bakımından Uzmanlık Tezi olarak Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvan, Adı-Soyadı (Kurum adı)	İmza	Kabul/Red*
Danışman (Üye)	Prof. Dr. Ali Fuat Erdem		
Üye	Prof. Dr. Ayça Taş Tuna		
Üye	Doç. Dr. Havva Kocayigit		

* Red kararının gerekçesi onay sayfasının arkasında belirtilmelidir.

ONAY

“Bu tez 12/12/2024 tarihinde yukarıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

../../202..

Tıp Fakültesi Dekanı

BEYAN

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

*Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 18.01.2022 tarih ve 102933 sayılı etik kurul onayı alınarak hazırlanmıştır.

Bu tez, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu Başkanlığı tarafından 2022-7-25-111 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Tarih: .../.../...

Adı-Soyadı

İmza

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, çalışkanlığı ve hasta yaklaşımı ile hekimlik mesleğine olan yaklaşımımı şekillendirmemde bana örnek olan, zorlu tez yazma sürecinde yolumu aydınlatan Anabilim Dalı Başkanımız saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ali Fuat Erdem'e teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Mesleki becerilerimi geliştirmemde ve akademik hayatta her daim destek olup yol gösterici olan değerli hocam Prof. Dr. Ayça Taş Tuna'ya; bilgi birikimini hevesle benimle paylaşan, tezimin başlaması ve şekillenmesine özveriyle katkıda bulunun değerli hocam Prof. Dr. Bayazıt Dikmen'e; bilgi ve tecrübelerinden faydalandığımız değerli hocam Doç. Dr. Onur Balaban'a; eğitimim süresince motivasyon sağlayıp cesaret veren, eğitimime katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Onur Palabıyık'a; mesleki bilgi, birikimini özveriyle benimle paylaşan, akademik hayat için sağladığı rehberlik ile her zaman destekçim olan değerli hocam Doç. Dr. Havva Kocayigit'e teşekkürlerimi sunarım.

Asistanlık eğitimim süresince birlikte çalıştığım, eğitimime katkıda bulunan çok değerli anestezi uzmanlarına; sevgili asistan arkadaşlarıma, anestezi teknikerleri ve teknisyenlerine; tüm ameliyathane çalışanlarına, yoğun bakım hemşire ekibi ve tüm yoğun bakım çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Beni sevgi dolu bir yuvada büyüten, bugünlere gelmemi sağlayan, hayatım boyunca bana verdikleri sonsuz destek ve sevgi ile daima yanımda olan canım annem, babam ve kardeşime ; tıp fakültesinden anestezi uzmanlığına kadar giden bu uzun ve zorlu süreçte hep yanımda olduğunu bildiğim, en büyük destekçim, yol arkadaşım, meslektaşım, sevgili eşim Dr. Oğuzhan Okumuş'a ve ailemize katıldığı günden beri içimizi ısıtan, gülüşüyle hayatımızı güzelleştiren, kalbimin neşesi biricik kızım Asya Okumuş'a varlıkları için sonsuz teşekkür ederim.

Dr. Gamze YILMAZ OKUMUŞ

İÇİNDEKİLER

BEYAN	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Genel Anestezi	3
2.2. Anestezi İş İstasyonu	5
2.3. Solutma Sistemleri	6
2.3.1. Açık solutma sistemleri	6
2.3.2. Yarı-açık solutma sistemleri	6
2.3.3. Yarı-kapalı solutma sistemleri	7
2.3.4. Kapalı solutma sistemleri	7
2.4. CO ₂ Absorbanları	7
2.5. Düşük Akım Anestezi	8
2.5.1. Düşük akım anestezi tarihçesi	10
2.6. Minimal Akım Anestezi	10
2.7. Minimal Akım Anestezinin Avantajları	12
2.7.1. Anestezik gazların tüketiminde azalma	12
2.7.2. Maliyette azalma	12
2.7.3. Çalışma ortamı kirliliğinin azalması	12
2.7.4. Atmosfer kirliliğinin azalması	13
2.7.5. Anestezik gaz ikliminde iyileşme	13

2.7.6. Hastanın izlem olanaklarında ve makinenin işlevlerine yönelik bilgide artma	14
2.8. Minimal Akım Anestezi Uygulamasına Yönelik Endişeler.....	14
2.8.1 Hipoksi ve hiperkarbi.....	14
2.8.2 Isı birikimi ve bakteriyel kontaminasyon	15
2.8.3 Eser gazların birikimi	15
2.9. Obezite	16
2.9.1. Obezite tanımı ve epidemiyolojisi	16
2.9.2. Obezite cerrahisi	16
2.9.3. Obez hastada fizyopatolojik değişiklikler	17
2.9.4. Obez hastada anestezi yönetimi	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	178
3.1. Hasta Seçimi ve Verilerin Toplanması	18
3.2. İstatistiksel Analiz	21
4. BULGULAR	23
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	33
6. KAYNAKLAR.....	39
7. EKLER.....	44
7.1. Etik Kurul Onayı	44
ÖZGEÇMİŞ.....	45

KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

ASA	: American Society of Anesthesiology
BİS	: Bispektoral İndeks
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
DAA	: Düşük Akım Anestezi
EKG	: Elektrokardiyogram
FiO ₂	: Fraksiyonel İnspiratuar Oksijen Konsantrasyonu
İVA	: İdeal Vücut Ağırlığı
KAH	: Kalp Atım Hızı
KOH	: Potasyum Hidroksit
KKY	: Konjestif Kalp Yetmezliği
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
LMA	: Laringeal Maske
MAA	: Minimal Akım Anestezi
MAK	: Minimum Alveoler Konsantrasyon
METS	: Metabolik Eşdeğer Skalası
NaOH	: Sodyum Hidroksit
N ₂ O	: Azot Protoksit
OSAS	: Obstrüktif uyku apnesi sendromu
PEEP	: Ekspirasyon Sonu Pozitif Basınç
SpO ₂	: Periferik Venöz Oksijen Satürasyonu
TGA	: Taze Gaz Akımı
TVA	: Total Vücut Ağırlığı
VK	: Vaporizatör Konsantrasyonu
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Modern Anestezi Makinesi.....	5
Şekil 2.2. Solunum Devresi.....	6
Şekil 4.1 Gruplar Arası Toplam IA Maliyeti.....	28
Şekil 4.2 Gruplar Arası Saatlik Maliyet.....	29
Şekil 4.3 Gruplar Arası 1 MAK’a Ulaşma Süresi.....	30
Şekil 4.4 Gruplar Arası PSI Değerleri.....	31



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Bazı anestezi ajanlarının doku dağılımları.....	4
Tablo 2.2 CO ₂ Absorbanları.....	8
Tablo 2.3. Baker- Simionescu modifiye sınıflaması.....	9
Tablo 2.4. VKİ sınıflandırması.....	16
Tablo 4.1. Hastaların demografik verileri	23
Tablo 4.2. Gruplar arası SAB karşılaştırılması.....	24
Tablo 4.3. Gruplar arası OAB karşılaştırılması.....	25
Tablo 4.4. Gruplar arası DAB karşılaştırılması.....	25
Tablo 4.5. Gruplar arası SpO ₂ karşılaştırılması.....	26
Tablo 4.6. Gruplar arası KAH karşılaştırılması.....	26
Tablo 4.7. Toplam tüketilen gaz miktarları.....	27
Tablo 4.8. İntraoperatif inhalasyon ajanı maliyet değerleri, anestezi ve cerrahi süre.....	28
Tablo 4.9. Perioperatif Zamanlar.....	30
Tablo 4.10. Hastaların PSI değerleri.....	31
Tablo 4.11. Hastaların intraoperatif MAK değerleri.....	32

ÖZET

GİRİŞ VE AMAÇ: Düşük ve minimal akım anestezi uygulamaları günümüzde anestezi maliyeti, çevre kirliliği ve ekolojik hasarları nedeniyle yeniden popüler hale gelmiştir. Obez hasta grubunda düşük akım anestezi uygulamalarına yönelik çekinceler mevcuttur. Biz de bu çalışmamızda obezite cerrahisi geçiren hastalarda sevofluran ve desfluran kullanarak düşük akım anestezi ile wash-in ve minimal akım anestezi ile idame sağladık. İki grup arasında inhalasyon ajanı tüketim miktarları, maliyetleri, 1 MAK'a ulaşma sürelerini karşılaştırdık.

YÖNTEM: Çalışma için yerel etik kuruldan onay alındı ve çalışma öncesi tüm hastalardan sözlü ve yazılı bilgilendirilmiş onam alındı. Bu çalışmada obezite cerrahisi geçiren 60 hasta anestezi idamesinde kullanılan inhalasyon ajanı türüne göre iki gruba ayrıldı: Sevofluran grubu (Grup S, n:30), desfluran grubu (Grup D, n:30). Her iki grupta yeterli anestezik doyumluğa ulaşım (wash-in) düşük akımlı anestezi (hava ile %60 O₂, 1 L/dk TGA) ile sağlandı. Vaporizatörler sevofluran için %6, desfluran için %18 olarak açıldı. 1 MAK'a ulaşması sonrası TGA hava ile %70 O₂, 0,5 L/dk olarak ayarlandı. 1 MAK'a ulaşma süreleri, inhalasyon ajan tüketim miktarları, anestezi derinliği, anestezi ve cerrahi süreleri analiz edildi ve inhalasyon ajanı maliyeti hesaplandı.

BULGULAR: Her iki grup arasında anestezi süresi, cerrahi süre, anestezi derinliği benzerdi. Operasyon boyunca toplam tüketilen inhalasyon ajanı miktarı desfluran grubunda sevofluran grubundan anlamlı olarak daha yüksekti. Toplam inhalasyon ajanı maliyeti karşılaştırıldığında desfluran grubunda maliyet sevofluran grubundan anlamlı olarak daha düşüktü. Desfluran grubunda saat başı maliyet sevofluran grubundan anlamlı olarak daha düşüktü. Desfluran grubunda 1 MAK'a ulaşma süresi sevofluran grubundan anlamlı olarak daha kısaydı.

SONUÇ: Çalışmamızın sonuçlarına göre desfluran ile düşük akım anestezi uygulamasının sevofluran grubuna göre maliyet açısından daha avantajlı olduğunu, desfluran grubunda 1 MAK'a ulaşma süresinin daha kısa olduğunu gözlemledik.

Anahtar Kelimeler: Anestezi, düşük akım anestezi, minimal akım anestezi, obezite, obezite cerrahisi

ABSTRACT

Comparison of minimal flow anesthesia and inhalation agent costs in bariatric surgery

INTRODUCTION AND AIM: Low and minimal flow anesthesia applications have regained popularity due to their impact on anesthesia costs, environmental pollution, and ecological damage. However, there are concerns regarding the use of low-flow anesthesia in obese patients. In this study, we applied low-flow anesthesia for wash-in and minimal-flow anesthesia for maintenance in patients undergoing bariatric surgery using sevoflurane and desflurane. We compared the consumption amounts and costs of inhalation agents as well as the time required to reach 1 MAC between the two groups.

MATERIAL AND METHODS: Ethical approval for the study was obtained from the local ethics committee, and informed consent was provided both verbally and in writing by all patients prior to the study. Sixty patients undergoing bariatric surgery were divided into two groups based on the type of inhalation agent used for anesthesia maintenance: the sevoflurane group (Group S, n = 30) and the desflurane group (Group D, n = 30). In both groups, adequate anesthetic saturation (wash-in) was achieved using low-flow anesthesia (60% O₂ with air, total gas flow [TGF] of 1 L/min). Vaporizers were set to 6% for sevoflurane and 18% for desflurane. After reaching 1 MAC, the TGF was adjusted to 0.5 L/min with 70% O₂ in air. The time to reach 1 MAC, inhalation agent consumption, anesthetic depth, anesthesia and surgery durations were analyzed, and the cost of inhalation agents was calculated.

RESULTS: The anesthesia duration, surgical duration, and anesthetic depth were similar between the two groups. The total amount of inhalation agent consumed during the operation was significantly higher in the desflurane group compared to the sevoflurane group. However, when comparing the total inhalation agent costs, the cost in the desflurane group was significantly lower than in the sevoflurane group. Additionally, the hourly cost in the desflurane group was significantly lower than in the sevoflurane group. The time to reach 1 MAC was significantly shorter in the desflurane group compared to the sevoflurane group.

CONCLUSIONS: According to the results of our study, low-flow anesthesia with desflurane was observed to be more cost-effective compared to the sevoflurane group. Additionally, the time to reach 1 MAC was shorter in the desflurane group.

Keywords: Anesthesia, low-flow anesthesia, minimal-flow anesthesia, obesity, bariatric surgery

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Düşük akım anestezi (DAA); yarı kapalı yeniden solutmalı sistem kullanılarak ekspiryum havasının en az %50'sinin, karbondioksiti (CO₂) absorbe edildikten sonra kullanılmamış anestezi gazların belli miktarda taze gazla karıştırıldıktan sonra bir sonraki inspiryumda tamamen ya da kısmen hastaya geri döndüğü tekniktir (Baum J, ve Aitkenhead A., 1995; Baum J ve Nunn G., 2001). Düşük akım anestezi uygulamaları ile inhalasyon ajanı ve atık gazların tüketim miktarında azalmaya bağlı olarak anestezi maliyetinde azalma meydana gelir. İnhalasyon ajanları kuru ve soğuktur, yeniden solutulan miktarın artmasıyla havayolunun sıcaklık ve neminin korunması sağlanır. Aynı zamanda küresel kirliliğin, sera gazlarının ve ozon tabakasına verilen hasarın azaltılması, ameliyathane personelinin mesleki maruziyeti azalması gibi avantajları mevcuttur (Bratwall ve ark., 2012). Özetle maliyet, çevre kirliliğine sebep olan atık gaz miktarı, ameliyathane personelinin mesleki maruziyeti azalırken hasta güvenliği ve konforu da artar. DAA uygulamaları bu avantajları nedeniyle dünyada ve ülkemizde tekrardan popüler hale gelmiştir.

Ancak özellikle obez hasta grubunda yağ doku fazlalığı nedeniyle anestezi derinliğinde, oksijen tüketiminin artmış olması nedeniyle doku oksijenizasyonunda yetersizlik gibi endişeler nedeniyle DAA uygulamasına yönelik çekinceler mevcuttur.

Günlük pratiğimizde genel anestezi uygulanmakta olan hastalarda sıklıkla kullandığımız inhalasyon ajanları sevofluran ve desflurandır. Her iki inhalasyon ajanı da düşük kan/gaz partiyon katsayısına sahip olması nedeniyle hızlı anestezi indüksiyonu ve anesteziden derlenme sağlar ve DAA uygulamalarında güvenle kullanılmaktadır.

Biz bu çalışmada obezite cerrahisinde düşük akım anestezi ile wash-in uygulaması sonrası minimal akım anestezi ile anestezi idamesi sağlamayı, vaka boyunca rutin anestezi monitörizasyonuna ek olarak anestezi derinliği takibi yapmayı, inhalasyon ajanı olarak kullandığımız sevofluran ve desfluranın tüketim ve maliyetlerini

karşılaştırmayı, hava ve O₂ tüketimini, 1 MAK'a ulaşma süresini belirlemeyi amaçladık.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Genel Anestezi

Genel anestezi, geri döndürülebilir bilinç kaybı, amnezi, analjezi ve bir miktar kas gevşemesi ile karakterize bir fizyolojik durumdur. Genel anestezi indüksiyon, idame ve derlenme safhalarını içermektedir. Erişkinlerde genelde intravenöz ajanlarla indüksiyon sonrası inhalasyon ajanları ile idame sağlanırken; intravenöz ulaşımın olmadığı özellikle pediatrik hasta grubunda inhalasyon ajanı ile indüksiyon yapılabilir. Anesteziden uyanma da bu ajanların beyinden redistribüsyonuna ve akciğerden atılımına bağlıdır (Morgan GE ve Mikhail MS., 2024).

İnhalasyon anestezisi ile oda sıcaklığında sıvı halde bulunan anestezik ajan vaporetörden geçerek gaz forma dönüşür ve solunum yoluyla kan dolaşımına geçer. Sistemik dolaşım ile tüm organlara dağılır ve santral sinir sistemi üzerindeki baskılayıcı etkisi sayesinde gerekli anestezi derinliği sağlanır. Günümüzde yaygın şekilde kullanılmaya devam eden inhalasyon anestezikleri sevofluran, izofluran, desfluran ve halotandır (Morgan GE ve Mikhail MS., 2024).

Minimum alveolar konsantrasyon (MAK), hastaların %50'sinde standart bir uyarıya karşı hareketsizliği sağlayan alveolar konsantrasyondur. Anestezik ajanın beyin parsiyel basıncını yansıtır ve ajanların potensini belirler. Ajanların MAK değeri arttıkça potensi azalır. Sevofluranın MAK değeri 2.0 iken desfluranın MAK değeri 6.0'dır. İdeal bir inhalasyon ajanı hızlı ve sorunsuz bir indüksiyon, uygun ameliyat koşulları, hızlı bir iyileşme süreci ve minimum yan etkiler sağlamalıdır. Desfluran ve sevofluran, düşük doku ve kan çözünürlüğüne sahiptir, bu da yeterli alveolar konsantrasyona ulaşmayı ve hızlı indüksiyonu destekler. (Rao ve ark., 2023).

Kan/gaz partisyon katsayısı, iki komşu ortam (kan/gaz) arasında gazın parsiyel basıncı eşitlendiğinde anestezik gaz konsantrasyonun oranıdır. Kan/gaz partisyon katsayısı arttıkça, alveolar parsiyel basıncın yükselmesi yavaşlar ve indüksiyon dönemi uzar (Morgan GE ve Mikhail MS., 2024; Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Bazı anesteziik ajanların doku dağılımları (Morgan GE ve Mikhail MS., 2024'ten değıştirilerek kullanılmıştır.)

Anesteziik Ajanlar	Kan/Gaz	Kas/Kan	Beyin/Kan	Yağ/Kan
Desfluran	0,42	2,0	1,3	27
Sevofluran	0,65	3,1	1,7	48
Nitröz Oksit	0,47	1,2	1,1	2,3
Halotan	2,4	3,5	2,9	60
İzofluran	1,4	4,0	2,6	45

Sevofluran, florometil ve 1,1,1,3,3,3-hekzafluoro izopropil olarak iki alkil grubu içeren bir eter bileşigidir. Uçucu, yanıcı olmayan bir bileşik olup, düşük kan/gaz katsayısı ve çözünürlüğe sahiptir (0,65). Düşük kan/gaz partisyon katsayısı nedeniyle hızlı alım ve eliminasyona uğrar. Alım ve eliminasyon halotan ve izoflurana göre daha hızlı iken desflurana göre daha yavaştır. Sevofluranın hemodinamik ve solunumsal etkileri iyi tolere edilir.

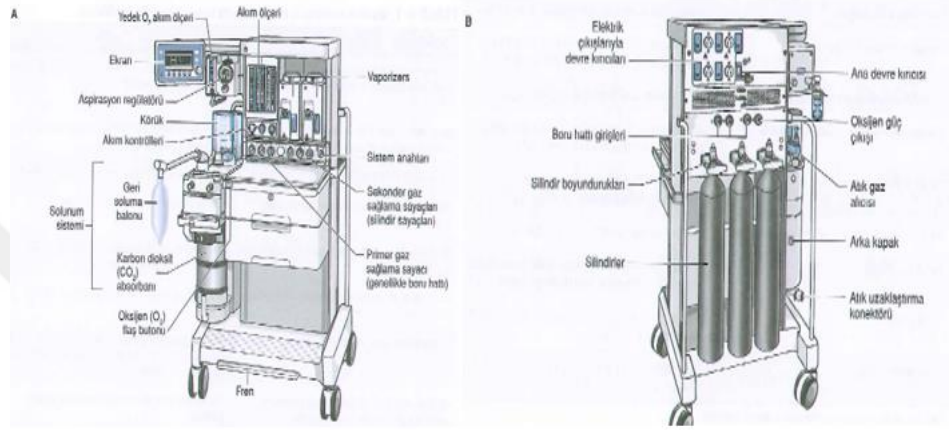
Desfluran bir organoflor bileşigidir. Diğer inhalasyon anesteziiklerinden daha hızlı elimine edilen ve daha az metabolize olan bir uçucu anesteziiktir. Hafif, rahatsız etmeyen bir kokuya sahip sıvı olup, düşük kan/gaz katsayısı ve çözünürlüğe sahiptir (0,42) (Rao ve ark., 2023). Düşük kan/gaz çözünürlüğü sayesinde alveolar konsantrasyonu hızla yükseltilebilir ve daha hızlı vücuttan elimine edilir. Bu nedenle, desfluranla derlenme daha hızlıdır. Yüksek buhar basıncı nedeniyle özel vaporizator kullanımı gerektirir. Kimyasal olarak stabil bir bileşiktir. Desfluran kullanımı sonucu bildirilen hepatotoksisite ve nefrotoksisite vakası yoktur.

Tüketilen inhalasyon ajanı miktarı hasta tarafından alınan anesteziik ajan ve atık gaz sisteminden atmosfere yayılan ajan miktarının toplamıdır. Taze gaz akımı (TGA) miktarı arttıkça atmosfere yayılan ajan miktarı artar. Lowe formülüne göre anesteziik ajan alımı, istenen anesteziik ajan konsantrasyonu, kan-gaz partisyon katsayısı ve kalp debisi ile orantılıdır.

$V_{an} = f \times MAK \times \lambda_{B/G} \times Q \times t^{-1/2}$ (V_{an} : Volatil anesteziik alım hızı (mL/dk), f: İstenen alveolar konsantrasyonu, MAK: Minimal alveolar konsantrasyon, $\lambda_{B/G}$: Kan-gaz partisyon katsayısı, Q: Kalp debisi, t: Zaman)

2.2. Anestezi İş İstasyonu

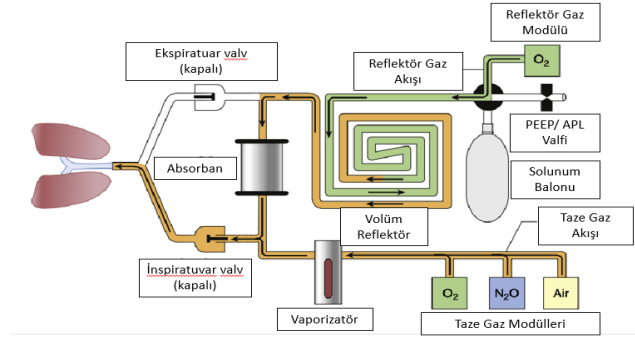
Anestezi makineleri, basit bir hastayı oksijenlendirme ve inhalasyon anestezisini sağlama aracından giderek daha karmaşık ventilatör modları, end-tidal anestezi konsantrasyonları, MAK tahmin edicileri, end-tidal CO₂ monitörleri ve hayati belirtileri izleme aracı içeren bir anestezi iş istasyonu haline dönüşmüştür (Patil ve ark., 2013; Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Modern Anestezi Makinesi (A: Ön B: Arka) (Morgan GE ve Mikhail MS., 2024'ten kullanılmıştır.)

Anestezi cihazlarının temel öğeleri şunlardan oluşur; gaz kaynakları, basınç düşürücü valvler ve manometre, buharlaştırıcılar, akım ölçerler, CO₂ absorbanları, solunum devreleri.

Temel olarak anestezi makineleri bir gaz kaynağından tıbbi gazları alır, akış kontrolü sağlar ve gazların basıncını güvenli düzeye düşürür, inhalasyon anesteziklerini buharlaştırarak nihai gaz karışımına ekler ve ortak gaz çıkışındaki gazları bağlı olan solunum devresine iletir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Solunum devresi (Maquet Critical Care 2011'den değiştirilerek kullanılmıştır.)

2.3. Solutma Sistemleri

Solutma sistemleri; farklı oranlarda taze gazın ve ekspire edilen gazların birleştirilmesi, inhalasyon ajanlarının inhalasyonu ve çevre atmosferinden izolasyonu, ekspire edilen CO₂'nin uzaklaştırılması, nem ve ısı etkisi ile uygun iklim koşullarının sağlanması gibi işlevleri yerine getirir. Solutma sistemleri, fonksiyonlarına göre açık, yarı açık, yarı kapalı ve kapalı sistemler olarak gruplandırılabilir.

2.3.1. Açık solutma sistemleri

İnsüflasyon, T parçası ve açık damla yöntemleri açık solutma sistemlerine örnek olarak gösterilebilir. Açık solutma sistemlerinde inspiratuar ve ekspiratuvar kol atmosfere açıktır. Bu nedenle hastaya verilen anestezi gaz karışımı net bir şekilde takip edilemez. Yeniden solutma yapılamaz (Kayhan Z., 2004; Morgan GE ve Mikhail GS., 2024).

2.3.2. Yarı-açık solutma sistemleri

Yarı-açık solutma sistemlerinde ekspiratuvar kolun atmosfere açık olması sebebiyle ekspiryum sırasında gaz sistemden atılır ve inspiratuar kolun atmosfere kapalı olması sebebiyle de inspiryum sırasında hastaya saf taze gaz iletilir. Uygulanan TGA dakika hacmi kadar veya daha fazla olmalıdır. Uygulanan TGA arttıkça kullanılmadan atmosfere atılan azot protoksit (N₂O), oksijen (O₂) ve anestezi ajan miktarları artar.

Anestezik gaz ile taze gazın içeriği benzerdir (Kayhan Z., 2004; Morgan GE ve Mikhail GS., 2024).

2.3.3. Yarı-kapalı solutma sistemleri

Bu sistemde, anestezik gazlar taze gaz ve tekrar solunan gazların karışımıyla solunum yollarına iletilir. Solunum yolu ve rezervuar balon, inspiryum sırasında atmosfere kapalıdır; ekspirasyon sırasında ise atmosfere açıktır. CO₂'nin emilmesiyle kısmi yeniden solutma gerçekleşir ve fazla gaz sistemden atılır. TGA arttıkça, yeniden solutulan gaz hacmi azalır. Yeniden solutmanın arttığı düşük akım anestezisi gibi durumlarda, anestezik gaz ile taze gaz karışımının benzerliği düşer (Kayhan Z., 2004; Morgan GE ve Mikhail GS., 2024).

2.3.4. Kapalı solutma sistemleri

Kapalı solutma sisteminde, hastanın tidal volümüne eşdeğer bir taze gaz hacmi verilir ve hasta tarafından ekspirasyonda atılan gazın tamamı, CO₂ absorbanı tarafından temizlenip, yeniden inspirasyonda kullanılmak üzere geri verilmiş olur. Gaz fazlası, atılım valfi kapalı kaldığı ve sistemde kaçak olmadığı sürece sabit tutulur (Kayhan Z., 2004; Morgan GE ve Mikhail GS., 2024).

2.4. CO₂ Absorbanları

1930'da Brian Sward ilk kez CO₂ absorbanı bulunan devreyi tanımlamıştır. Yarı kapalı ve kapalı devrelerde CO₂ absorbanı bulunması gerekmektedir. CO₂ absorbanının istenilen özellikleri şöyledir; Anestezik ajanlarla temas gerçekleştiğinde toksik olmaması, hava akışına karşı düşük direnç göstermesi, maliyet açısından uygun olması, kullanımının kolay olması, verimli olması.

Günümüzde en sık kullanılan absorbanlar; soda-lime ve bara-limedir. Soda-lime; %80 kalsiyum hidroksit, %15 su, %4 NaOH, %1 KOH içerir. Soda-lime'a silika eklenmesiyle absorbanın sertliği artırılır ve NaOH tozunun inhalasyon riski azaltılır. Bara-lime; %20 baryum hidroksit, %80 kalsiyum hidroksit ve %1-4 potasyum hidroksit içerir. Geleneksel absorbanlarda bulunan NaOH ve KOH, CO₂ ile reaksiyona girerek yüksek ısı üretir ve karbon monoksit (CO), formaldehit gibi

istenmeyen bileşiklerin meydana gelmesine yol açar. Güvenliği artırmak ve yan ürünlerin oluşumunu azaltmak amacıyla, yeni nesil CO₂ absorbanlarında NaOH ve KOH oranları düşürülmüş ve NaOH ile KOH içermeyen absorbanlar geliştirilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. CO₂ Absorbanları (Miller Anestezi 9.Baskı'dan değiştirilerek kullanılmıştır.)

Absorban	Ca(OH) ₂ (%)	LiOH (%)	H ₂ O (%)	NaOH (%)	KOH (%)	Diğer
Classic soda lime (165)	80	0	16	3	2	-
Baralyme (164)*	73	0	11-16	0	5	11 Ba(OH) ₂
Sodasorb (161)*	76,5	0	18,9	2,25	2,25	-
Dragersorb 800 Plus (162,166)	82	0	16	2	0,003	-
Medisorb (166)*	81	0	18	1-2	0,003	-
Yeni Sodalime	73	0	<19	<4	0	-
Sodasorb LF (163)	>80	0	15-17	<1	0	-
Dragersorb Free (161, 164)	74-82	0	14-18	0,5-2	0	3-5 CaCl ₂
Sofnolime*	>75	0	12-19	<3	0	-
Amsorb Plus (161, 165)	>75	0	14,5	0	0	<1 CaCl ₂ ve CaSO ₄
Litholyme*	>75	0	12-19	0	0	<3 LiCl
SpiraLith*	0	95	0	0	0	<5

Ca(OH)₂:Kalsiyum hidroksit, LiOH:Lityum hidroksit, H₂O:Su, NaOH:Sodyum hidroksit, KOH: Potasyum hidroksit, Ba(OH)₂:Baryum hidroksit, CaCl₂:Kalsiyum klorür, CaSO₄:Kalsiyum sülfat, LiCl:Lityum klorür

2.5. Düşük Akım Anestezi

Düşük akım anestezi, yarı kapalı bir geri solunmalı sistemle uygulanan bir tekniktir. Bu yöntemde, ekspirasyon sırasında havanın en az %50'si CO₂'den arındırılarak, kullanılmamış anestezi gazlarıyla belirli bir miktar taze gazın karışımı sağlanır ve bu karışım bir sonraki inspirasyonda hastaya tamamen veya kısmen geri verilir. Uygulanan TGA miktarı azaldıkça, sistem dışına atılan gaz miktarı da azalır ve yeniden-solunulan gaz miktarı artar. Yeniden solunmalı bir sistemde, hastanın dakika hacmi kadar TGA uygulandığında, yeniden solunan gaz miktarı oldukça ihmal edilebilir düzeyde olur ve hasta neredeyse tamamen taze gaz solur. Örneğin, TGA 4 L/dk olarak uygulandığında, yeniden-solunma oranı yaklaşık olarak %20 iken akım 2 L/dk ya da daha düşük bir seviyeye düşürüldüğünde ise yeniden solunma oranı %50 veya daha yüksek bir orana çıkar (Baum J.A., 2002). DAA yöntemi, 1984 yılında Baker ve Simionescu tarafından TGA'ya göre sınıflandırılmış olup, düşük akım 0,5-

1 L/dk, minimal akım ise 0,25-0,5 L/dk olarak tanımlanmıştır (Baker AB., 1994; Simionescu R., 1986; Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Baker- Simionescu modifiye sınıflaması (Baker AB. 1994; Simionescu R. 1986'dan kullanılmıştır.)

Tanım	Taze Gaz Akımı (L/dk)
Metabolik Akım	0.25 L/dk
Minimal Akım	0,25-0,5 L/dk
Düşük Akım	0,5-1 L/dk
Orta Akım	1-2 L/dk
Yüksek Akım	2-4 L/dk
Çok Yüksek Akım	>4 L/dk

Hendrick ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bu sınıflandırmanın güncellenmesi gerektiğini; yüksek, orta, düşük, minimal veya metabolik gibi terimlerin sadece TGA hakkında kafa karışıklığı yaratacağını, düşük akımı tanımlayan net bir L/dk değeri olmadığını yüksek, orta, minimal gibi kafa karıştırıcı terimler yerine, tam olarak kullanılan TGA'nın belirtilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Sem Lampotang tarafından önerilen, şu an kullandığınızdan daha düşük bir TGA kullanımını ifade eden “daha düşük akım anestezisi” teriminin kullanımının daha kolay ve akılcı olduğunu belirtmişlerdir. (J.F.A. Hendrickx ve ark., 2023).

Sıcaklık ve nemin daha iyi korunması, inhalasyon anesteziplerinin daha verimli kullanımı sayesinde maliyet tasarrufu sağlanması ve çevresel kaygılar, minimal akım ve kapalı devre anestezisini uygulamak için üç temel nedendir. Ancak, potansiyel riskler arasında yetersiz anestezi derinliği, hipoksik gaz karışımları ve vaporizatör kadranı ayarındaki değişikliklere anestezi derinliğinin çok yavaş tepki vermesi yer alır. (Bratwall ve ark., 2012; Hönemann ve ark., 2013).

Düşük akım anestezisi uygulamak için temel teknik şartlar şunlardır: Düşük akım uygulamaları konusunda eğitilmiş ve tecrübeli bir anestezi uzmanı, düşük taze gaz akımına uygun bir akış ölçer, devre kaçağının 30 mbar basınç altında dakikada 150 mL'yi aşmayan devreler, CO₂ absorbanı ve gaz monitörizasyonu (Taşkın D. ve ark., 2022). Düşük akım anestezi uygulamasında kullanılan anestezi makinelerinin düzenli aralıklarla kontrol edilmesi önemlidir ve her hasta öncesinde kaçak testi kesinlikle tekrarlanmalıdır.

Alarm limitleri dikkatle ayarlanmalıdır. Rutin monitörizasyon, EKG, kan basıncı, periferik oksijen satürasyonu (SpO₂), kapnografi, vücut ısısı yanı sıra hava yolu basıncı, dakika volümü, Fraksiyonel inspiratuar oksijen konsantrasyonu (FiO₂) ve 1 L/dk ve altındaki taze gaz akımlarında solunan gazdaki anestezi ajan konsantrasyonunu içermelidir (Baum J.A., 2002).

Sonuç olarak modern anestezi makineleriyle, oksijenin taze gaz akımını 0,3- 0,5 L/dk'ya düşürmek ve üçüncü nesil inhalasyon anesteziğini kullanmak, güvenli bir anestezi tekniği sunar. Bu çevre dostu uygulama, elektif anestezielerde kolaylıkla uygulanabilir; ayrıca maliyet tasarrufu sağlayacak ve sıcaklık homeostazını iyileştirecektir (Bratwall ve ark., 2012).

2.5.1. Düşük akım anestezi tarihçesi

Düşük akım anestezi tekniği literatürde ilk defa Foldes ve ark. tarafından 1952 yılında 1 L/dk TGA ile uygulanmıştır. 1974 yılında Virtue TGA'yı en fazla 0,5 L/dk olarak sınırlandırdığı "Minimal Akım Anestezi (MAA)" tekniğinden bahsetmiştir. 1982 yılında Grote ve ark. başlangıçta beş dakikalık yüksek akımlı dönem sonrası TGA'yı 1 L/dk'ya düşürmüşlerdir. Düşük akımlı anestezinin, uygulama kolaylığı nedeniyle avantaj sağladığını savunmuşlardır. Bu tekniğin, anestezi gaz içerisindeki oksijen ve volatil ajan konsantrasyonlarını doğru bir şekilde ölçen yeterli izleme cihazlarının bulunduğu durumlarda tercih edilmesi önerilmiştir. Foldes ve Duncalf ve Foldes 1985 yılında, yeterli denitrojenasyonu sağlamak için başlangıçta 10 dakika boyunca yüksek TGA uygulanmasını, ardından TGA'nın 1 L/dk seviyesine düşürülmesini önermiştir.

2.6. Minimal Akım Anestezi

Minimal akım anestezi yöntemi, taze gaz akımının 0,25- 0,5 L/dk olduğu anestezi yöntemidir. Bu yöntemi uygulamak için de DAA uygulamalarında gereken teknik şartlar sağlanmalıdır. Ancak taze gaz akımının daha düşük olması nedeniyle her vaka öncesi uygulanan devre kaçak testinde kaçak oranı 20 mbar altında 100 mL'yi aşmayacak şekilde olmalıdır (Taşkın D. ve ark., 2020).

İnhalasyon anestezisi uygulamasında hedeflenen anestezik ajana ulaşma dönemi “wash-in”, hastanın anestezik ajandan arınma dönemi ise “wash-out” olarak adlandırılmaktadır. Minimal akım anestezisi uygulama pratiğinde rutin bir anestezi indüksiyonu sonrası inhalasyon ajanı uygulaması 5-10 dk taze gaz akım hızı düşürülmeden yüksek taze gaz akımının kullanıldığı “wash-in” dönemine ihtiyaç olduğu düşüncesi mevcuttu. İndüksiyon dönemindeki taze gaz akımı yüksek olduğunda her solukta devreye yüksek oranda taze gaz verilir ve böylece alveolar ajan konsantrasyonu hızla artar ve hedeflenen MAK değerine ulaşma zamanı o kadar hızlı olur. 0,5 L/dk gibi düşük TGA ile indüksiyon yapıldığında yeniden solutma oranı artar ve alveolo-arteryel basınç arasında farklılık düşük olur ve hasta alımını azalır, hedeflenen MAK değerine ulaşma zamanı uzar (Baum J.A., 2002). Bu nedenle ilk yıkama sırasında yüksek TGA kullanma eğilimi halen devam etmektedir, ancak bu uygulamadan artık uzaklaşılmalıdır. Bu gecikme yüksek vaporizatör konsantrasyonu (VK) kullanılarak tolere edilebilir.

Yapılan bir çalışmada end-tidal sevofluran konsantrasyonu %2 olarak sabit tutulacak şekilde TGA azaltılmış ve sevofluran vaporizatör konsantrasyonu (VK) arttırılmış. Yüksek TGA ve düşük VK kombinasyonunun, düşük TGA ve yüksek VK kullanımına göre çok daha yüksek maliyetli olduğu gösterilmiştir. Ancak TGA düştükçe yeniden soluma miktarı artar, yeniden solunan gazın etkisiyle taze gaz karışımı seyrelir, bu da sevofluran konsantrasyonunun düşmesine neden olur. Klinik hekimin bu seyreلمeyi sevofluran VK’nu artırarak telafi etmesi gerekir. Yetişkinde, bu seyreltme etkisi TGA 1 L/dk’nın altına düştüğünde belirgin hale gelir (J.F.A. Hendrickx ve ark., 2023).

Solunan gazın taze gazla seyreltilmesi yalnızca anestezik ajan konsantrasyonunu değil, aynı zamanda O_2 konsantrasyonunu da etkiler. Uygulanan TGA düşürüldüğünde, FiO_2 artık ayarlanan oksijen konsantrasyonu ile eşleşmez ve hipoksik bir karışıma sebep olabilir. Bu durumun önlenmesi için klinik hekim, monitörize edilen FiO_2 değerini takip ederek taze gazdaki O_2 oranını artırmak zorundadır (J.F.A. Hendrickx ve ark., 2023).

Bu verilerin ışığında: hava yolunu güvence altına aldıktan sonra, 1 L/dk TGA ile başlanıp, VKsevo'yu %8'e ayarlanmalı ve “wash-in” periyodu sonrasında vaporizatörü ve O₂ ayarları gaz analizörü verilerine göre ayarlanmalıdır (J.F.A. Hendrickx ve ark., 2023).

2.7. Minimal Akım Anestezinin Avantajları

2.7.1. Anestezik gazların tüketiminde azalma

TGA azaltılması ve yeniden solutma oranının artırılmasıyla anestezik gazların tüketiminde azalma oluşur. Yapılan bir çalışmada 2 saatlik bir anestezi süresi boyunca inhalasyon ajanı olarak desfluran kullanıp inspiratuar desfluran konsantrasyonu %6 olarak ayarlandığında yüksek akım (4,4 L/dk) ile 161 litre desfluran tüketimi varken, minimal akım anestezide yaklaşık desfluran tüketimi 33 litre bulunmuştur (Baum J.A., 2002).

2.7.2. Maliyette azalma

Daha önce yapılan araştırmalar, anestezi idamesinde inhalasyon ajanlarının kullanımının, intravenöz ajanlara kıyasla belirgin şekilde daha düşük maliyetli olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, inhalasyon ajanlarının ekonomik avantajını ve geniş kullanım alanını desteklemektedir (Heidvall ve ark., 2000). Düşük akım ve minimal akım anestezi uygulaması inhalasyon ajanı tüketimini azaltarak anestezi maliyetini azaltmaya katkıda bulunmaktadır. “Wash-in” sırasında düşük veya minimal TGA (≤ 1 L/dk) ve idame fazında metabolik taze gaz akımı (0,35 L/dk) kullanımı anestezi maliyetlerini yaklaşık %50 azaltır (Rübsam ve ark., 2023).

2.7.3. Çalışma ortamı kirliliğinin azalması

Kapalı anestezi sistemlerinin kullanılmadığı ve atık gaz sisteminin yeterli olmadığı ameliyathanelerde, anestezi indüksiyonu ve anesteziden derlenme döneminde gaz sızıntıları nedeniyle ameliyat odalarına atık gazlar yayılır ve ortam kirliliği yaratır. Yüksek akımlı anestezi uygulamalarında anestezi makinesi yakınındaki gaz konsantrasyonu düşük akımlı anestezi uygulamalarına göre %40-50 oranında yüksek bulunmuştur. Düşük ve minimal akım anestezi uygulamalarının kullanılması ile bu

kontaminasyonun en aza indirilmesi sağlanabilir (Baum J.A., 2002; Bratwall ve ark., 2012).

2.7.4. Atmosfer kirliliğinin azalması

İklim değişikliği küresel bir tehdittir ve perioperatif dönemde sıklıkla kullanılan inhalasyon anestezikleri atmosferin fotofiziksel özelliklerinde değişikliğe yol açarak küresel ısınmaya katkıda bulunur. Bu nedenle, inhalasyon anesteziklerinin ekolojik ayak izini azaltmak amacıyla inhalasyon anesteziklerinin tüketimini en düşük seviyeye indirmek için stratejiler geliştirmek ve uygulamak son derece önemlidir (Rübsam ve ark., 2023).

İnhalasyon anesteziklerinin atmosferik ömrü sevofluranda 1,2 yıl, izofluranda 3,6 yıl, desfluranda 10 yıl ve N₂O de 114 yıldır. Troposferdeki N₂O konsantrasyonu her yıl %2,5 artmaktadır. Bu gaz sera etkisine sebep olarak küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Sevofluran ve desfluran ise klor yerine flor içerir ve ihmal edilebilir düzeyde sera gazı etkileri olup, ozon tabakasına zarar vermedikleri düşünülmektedir.

2.7.5. Anestezik gaz ikliminde iyileşme

İnhalasyon anestezisi uygulama esnasında inspire edilen gazın mutlak nemliliğinin 17 ve 35 mgH₂O/L, ısısının da 28 ve 32°C arasında olması gerekmektedir. İnhalasyon ajanları soğuk ve kurudur. Yüksek taze gaz akımları kullanıldığında her solukta inspire edilen soğuk ve kuru gaz nedeniyle mukosilyer klirens bozulur ve bronşlarda mikro atelektaziler gözlenir, enfeksiyona yatkınlık artar. Bu durum aynı zamanda postoperatif hipotermiye de yol açabilir (Bilgi ve ark., 2011). Düşük taze gaz akımlarının kullanıldığı durumlarda, nemlilik oranı yüksek taze akımlarına göre önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Taze gaz akımının azaltılması ve yeniden solutma oranının artmasıyla vücut ısısı ve nemi ve mukosilyer klirens korunmuş olur (Bengtson ve ark., 1989).

2.7.6. Hastanın izlem olanaklarında ve makinenin işlevlerine yönelik bilgide artma

Minimal akım anestezi uygulayacak bir anestezi uzmanı kullanacağı anestezi makinesinin özelliklerini detaylı olarak bilmeli, inhalasyon anestezi uygulamasının alınımı, dağılımı, farklı solutma sistemlerinin işlevlerini detaylı olarak bilmelidir. Ayrıca, düşük akım anestezi uygulanacak cihazın bakımları daha dikkatli yapılmalı alarm limitleri titizlikle ayarlanmalıdır. Bu limitasyonlar ve uygulamalar hasta için yararlıdır.

2.8. Minimal Akım Anestezi Uygulamasına Yönelik Endişeler

2.8.1 Hipoksi ve hiperkarbi

Taze gaz akımı azaltıldığında, solutma sistemindeki gazların içeriği ile hastaya ulaşan TGA içeriği arasındaki fark artar. Bu durum, inspire edilen oksijen konsantrasyonunun düşmesine yol açar ve sonuç olarak hipoksi riski oluşabilir.

Güvenli bir anestezi sağlamak için TGA içindeki O₂ konsantrasyonu en az %50 ayarlandığı ve FiO₂ alt limiti %30 olarak ayarlandığı durumda bu risk ortadan kalkacaktır (Hönemann ve ark., 2013).

Solunan gazdan oksijen alımı, vücudun büyüklüğüne ve metabolik ihtiyaçlara bağlı olan fizyolojik gereksinimlerle ilişkilidir. Anestezi sırasında, sağlıklı bir yetişkinde oksijen tüketimi Brody formülü $[O_2 \text{ (mL/dk)} = 10 \times VA^{3/4} \text{ (kg)}]$ ile hesaplanabilir ve normal fizyolojik koşullarda kabaca kilogram başına dakikada yaklaşık 2-3 mL olduğunu göz önünde bulundurulur. Buna göre 100 kg'ın altındaki yetişkinlerde TGA güvenli bir şekilde 250-500 mL'ye kadar azaltılabilir (Bratwall ve ark., 2012).

Taze gaz akımı azaldıkça ekshale edilen gazların eliminasyonu da azalmış olur. CO₂ absorbanının tükenmesi durumunda sistemden uzaklaştırılamayan CO₂ nedeniyle hiperkarbi gözlenir. Önlemek için inspiratuar ve ekspiratuar CO₂ takibi yapılmalı absorban belli aralıklarla düzenli olarak değiştirilmelidir.

2.8.2 Isı birikimi ve bakteriyel kontaminasyon

Minimal akım anestezi uygulaması esnasında yeniden solutmaya bağılı olarak solunum devresinde ısı ve nem artışı gözlenir. Buna bağılı olarak da bakteriyel kontaminasyon artışı gözlenebilir. Önlenmesi amacıyla rezervuar balon ve devrenin değiştirilmesi, bakteri filtresi kullanımı önerilir.

2.8.3 Eser gazların birikimi

Minimal akım anestezi sırasında nitrojen, aseton, CO, etanol, argon, hidrojen, metan, compound A birikimi gözlenebilir (Baum JA., 2002). Serbest yağ asitlerinin metabolizması aseton oluşumuna neden olur. Dekompanse diabetes mellitus, açlık ve anti-insulin hormonlarının artması ile aseton oluşumu artar. Bu nedenle dekompanse diabetes mellitusu olan, kan aseton düzeyi artmış olan hastalarda 1 L/dk'nın altında taze gaz akımları kullanılmaması önerilir.

Sevofluran bazı CO₂ absorbanlarında sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) gibi güçlü bazlarla reaksiyona girerek bir bozunma ürünü olan Compound A oluşumuna neden olur. Sevofluran için ABD Gıda ve İlaç Dairesi (U.S. Food and Drug Administration, FDA) 2 L/dk altındaki taze gaz akımı (TGA) uygulandığında sevofluran kullanımının 2 saati geçmemesi gerektiğini, 1 L/dk altındaki TGA hızlarında kullanılmaması gerektiği belirtmiştir. Ancak Avrupa'da sevofluran kullanımına yönelik bir kısıtlama bulunmamaktadır. 2023 Ekim ayında yayınlanan ASA (American Society of Anesthesiologists) bildirisinde belirtildiği üzere; günümüzde piyasada bulunan CO₂ absorbanlarının içeriğindeki NaOH ve KOH gibi güçlü bazların konsantrasyonu azaltılarak, düşük TGA kullanıldığında bile Compound A üretiminin ihmal edilebilir seviyelere düştüğü gözlenmiştir. Bu nedenle, Compound A toksisitesi ile ilgili potansiyel endişeler, uygun CO₂ absorbanının seçimi ile giderilebilir. Ayrıca Compound A'ya maruziyet sonucu gözlenen böbrek toksisitesi hayvan çalışmalarıyla ilgilidir, insanlarda gösterilmemiştir. Sonuç olarak 2023 ASA önerisi bu güncellemelerin göz önünde bulundurularak mümkün olduğunda düşük TGA kullanılarak anestezi atığının en aza indirilmesi yönündedir.

Normal şartlar altında oluşan CO hacmi çok düşüktür. Ancak sigara içenlerde, anemi, porfiriya, aşırı sigara içenlerde ve sigara içen verici kaynaklı kan transfüzyonunda klinik olarak anlamlı yükseklikler gözlemlenebilir. CO oluşumunu önlemenin en temel yollarından biri absorbanın yeterince su içermesidir. Düşük akım anestezi uygulanması ile yeniden solunan hava su oluşumuna neden olmaktadır. Düşük akım anestezi doğru uygulandığında CO zehirlenmesinin önüne geçmede oldukça faydalıdır (Baum JA., 2002).

2.9. Obezite

2.9.1. Obezite tanımı ve epidemiyolojisi

Obezite 21. Yüzyılın büyük epidemilerinden biri olarak tanımlanmaktadır (Kaidar-Person ve ark., 2011). Dünya genelinde 1,9 milyar kilolu yetişkin ve 600 milyonun üzerinde obez kişi bulunmaktadır. Obezite ve onunla birlikte olan sağlık sorunları günümüzde ciddi sağlık giderleri oluşturan büyük bir morbidite ve mortalite nedenidir. ABD’de önlenebilir ölüm nedenleri arasında sigaradan sonra ikinci sırayı almaktadır (Conway ve Rene, 2004). Vücut kitle indeksi (VKİ) kişilerin ağırlık durumunu değerlendirmede en sık kullanılan sınıflama aracıdır (Katzmarzyk ve ark., 2003). Vücut kitle indeksi, bireylerin kilogram cinsinden ağırlığının, metre cinsinden boyunun karesine bölünmesiyle bulunur ve kg/m^2 birimindedir (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. VKİ sınıflandırması

Sınıflandırma	VKİ (kg/m^2)
Düşük kilolu	<18,5
Normal kilolu	18,5-24,9
Aşırı kilolu	25,0-29,9
Obez	
Sınıf 1	30,0-34,9
Sınıf 2	35,0-39,9
Sınıf 3	40,0-49,9
Süper obez	≥ 50

VKİ: Vücut kitle indeksi

2.9.2. Obezite cerrahisi

Obezite cerrahisi dünyada en hızlı artan cerrahilerden biridir (Buchwald ve Oien, 2013). Sleeve gastrektomi obezite cerrahisinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Ortalama %65 ağırlık kaybını etkili ve güvenli şekilde oluşturur.

2022 Amerikan Metabolik ve Obezite Cerrahisi Derneği ve Uluslararası Obezite ve Metabolik Bozukluk Cerrahisi Federasyonu güncellemesiyle yandaş hastalıkların varlığına veya şiddetine bakılmaksızın VKİ ≥ 35 kg/m² olan veya VKİ ≥ 30 -34,9 kg/m² ve metabolik hastalığı olan hastalara obezite cerrahisi önerilmektedir (Eisenberg ve ark., 2023). Günümüzde en sık uygulanan bariatrik işlemler sleeve gastrektomi, Roux-en-Y ve gastrik bantlamadır.

2.9.3. Obez hastada fizyopatolojik değişiklikler

Akciğer volümlerinde azalma ve solunum yolunda rezistans artışının sonucu olarak obez hastalarda oksijen tüketimi normale göre 4 kat fazla iken, solunum iş yükü ise normale göre %70 daha fazladır (Özol ve ark., 2013). Abdominal yağ dokunun fazlalığı nedeniyle diyafram sefale doğru itilir ve fonksiyonel rezidüel kapasite, ekspiratuar rezerv volüm ve total akciğer kapasitesi azalır (Morgan GE ve Mikhail MS., 2024). Bu hasta grubunda artmış yağ doku perfüzyonunu sağlamak için artmış bazal metabolizmaya sekonder olarak O₂ tüketimi, CO₂ üretimi, dolaşan kan volümü, kalp debisi ve sempatik aktivite artar. Hipoksiye sekonder pulmoner vazokonstriksiyon ve artmış pulmoner kan akımı nedeniyle pulmoner hipertansiyon, kor pulmonale ve sağ kalp yetmezliği gözlenebilir (Çataloğlu ve Saraçoğlu, 2013).

2.9.4. Obez hastada anestezi yönetimi

Obez hastaların anesteziinde anesteziist için havayolu yönetimi, pozisyon, monitorizasyon, anestezi yöntem ve ilaç seçimi, ağrı kontrolü ve sıvı yönetiminde güçlükler vardır. Hastaların preoperatif değerlendirilmesinde obeziteye eşlik edebilecek hipertansiyon, diyabet, kalp yetmezliği, obstrüktif uyku apnesi, obezite hipoventilasyon sendromu gibi ek hastalıklar dikkatle sorgulanmalıdır. Genel popülasyonda zor havayolu sıklığı %1,5- %13,5 arasında iken, obez hastalarda bu oranın %10,5- 20,5 arasında olduğu bildirilmiştir (Shiga ve ark., 2005). Kısa ve kalın boyun, büyük dil, farenkste yumuşak doku fazlalığı nedeniyle laringoskopi ve entübasyon güçlüğü gözlenebilmektedir. Yapılan bir çalışmada kulak ve sternumun aynı yatay düzlemde hizalanması ile rampa pozisyonu verilmesi ve koklama pozisyonu verilen morbid obez hastalarda laringoskopi görüntüsü karşılaştırılmış ve rampa pozisyonunda daha iyi olduğu gösterilmiştir (Ready L., 2000).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta Seçimi ve Verilerin Toplanması

Çalışmamız için Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 18/01/2022 tarih ve 102933 sayılı etik kurul onayı alındı. Etik kurul onayının ardından 01/02/2022 ile 26/12/2023 tarihleri arasında obezite cerrahisi planlanan ve genel anestezi uygulanacak 18-65 yaş arası, ASA III, VKİ ≥ 35 olan hastalar çalışmaya dahil edildi. Dekompanse diabetes mellitusu, kronik alkol kullanımı öyküsü olan, çalışmaya katılmayı kabul etmeyen, izlem şartlarının sağlanamadığı hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Operasyondan bir gün önce bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu imzalayan 60 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastalar ileriye dönük, klinik gözlemsel çalışma için kullanılacak olan inhalasyon anesteziğine göre Sevofluran grubu (Grup S, n:30), Desfluran grubu (Grup D, n:30) olarak bilgisayar destekli randomizasyon ile iki gruba ayrıldı. Hastaların operasyondan bir gün öncesinde servise yatışı yapıldı. Preoperatif açlık süreleri katı gıda için 6 saat, berrak sıvılar için 2 saat olacak şekilde ayarlandı.

Hastalar operasyon odasına alınmadan önce anestezi uygulamasında kullanılacak olan anestezi makinasının (Dräger Perseus A500) güvenli anestezi uygulanabilmesi için cihaz testi yapıldı. 30 mbar basınç altında kaçak miktarı 150 mL/dk'yı aşmayan devre kaçağının varlığında anesteziye başlandı. CO₂ absorbanı olarak (Dräger sorb 800 Plus, Almanya) kullanıldı. Absorban değişimi F_iCO₂ 3 mmHg olduğunda yapıldı. Operasyon sırasında hipoksiyi önlemek için F_iO₂ alt limiti %30, dakika ventilasyon alt limiti hastanın dakika ventilasyonunun 1 L altı ve 1 L üstü, EtCO₂ 30 mmHg alt sınır, E_tCO₂ 45 mmHg üst sınır olarak ayarlandı. Zor hava yolu aygıtı olarak video laringoskop, gum elastik buji ve LMA odada hazır bulunduruldu.

Sedatif bir ilaçla premedikasyon yapılmayan hastaların ameliyat odasına transferi gerçekleştirildi ve operasyon masasına alındı. Hastanın aktüel vücut ağırlığı, boyu ve yaşı anestezi cihazına veri olarak girildi. İdeal vücut ağırlığı belirlendi. Hastalara el

dorsali veya antecubital bölgeden 18/20G iv kanülle damar yolu açıldı ve %0,9 NaCl solüsyonu 10 ml/kg/sa infüzyon hızı ile verildi. Operasyon süresince izlem için elektrokardiyogram, noninvazif arteriyel kan basıncı (KB), SpO₂, anestezi derinliğini belirlemek için Patient State Index (PSI) (Masimo, Sedline 4000, ABD) takip edildi. Hastaya anestezi indüksiyonundan önce preoksijenizasyon amacıyla yüz maskesi ile 5 dk boyunca %100 oksijen solutuldu. Anestezi indüksiyonu için 2-2,5 mg/kg propofol, 1,5-2 mcg/kg fentanil kullanıldı. Propofol uygulama öncesi 1 mg/kg lidokain turnike yapılarak uygulandı ve 0,2 µg/kg/dk'lık infüzyon hızı ile remifentanil başlandı. Kirpik refleksi kaybolduktan sonra yüz maskesi ile hasta solutulmaya devam edildi. Ventilasyon başarılı ise 0,8 mg/kg rokuronyum verildi. Yeterli kas gevşemesi sağlandığında uygun boyutta Macintosh bleyd ile laringoskopi deneyimli bir anestezist tarafından yapıldı. Uygun entübasyon tüpü ile entübasyon işlemi gerçekleştirildi. Tüp yerinin doğruluğunun tespitinden sonra anestezi idamesine geçildi.

Başlangıçta ventilatör ayarları İVA'ya göre 6-8 ml/kg tidal volüm, 14/dk solunum sayısı, 5 cmH₂O PEEP olacak şekilde ayarlandı. Ameliyat sırasında etCO₂'ye göre solunum sayısı, sürücü basıncına göre (<15 cmH₂O) olacak şekilde tidal volüm ve PEEP ayarları yapıldı. Hastaya nazogastrik sonda takıldı.

Endotrakeal entübasyon sonrası her iki gruptaki hastaların TGA 1 L/dk (hava ile %60 O₂) olarak ayarlandı. Vaporizatör ayarları Grup S için %6, Grup D için %18 olarak ayarlandı. Her iki grupta 1 MAK'a ulaşıldığında TGA 0,5 L/dk (hava ile %70 O₂)'ya düşüldü. Her iki grupta MAK seviyesi 0,9-1,1 olacak şekilde vaporizatör ayarları yapıldı. MAK değeri 0,9'un altına düşerse anestezi ajan konsantrasyonu 0,2 MAK artırıldı. MAK değeri 1,1'i geçerse anestezi ajan konsantrasyonu 0,2 MAK azaltıldı. FiO₂ %35 olduğunda TGA'nın O₂ konsantrasyonu %10 artırıldı. TGA 0,5 L/dk'ya düşüldükten sonra %100 O₂ uygulanmasına rağmen FiO₂<30 olan veya SpO₂<%90 olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Kan basıncı ve kalp atım hızı (KAH) anestezi öncesi değerlerinin $\pm$ %20'si olacak şekilde idame ettirildi. Artış veya azalış durumuna göre remifentanil dozunun 0,1 µg/kg/dk'lık artırımı ve azaltımı ile sağlandı. Kanama kontrolü yapıldı cerrahi

trokarlar çıkarıldıktan sonra remifentanil ve vaporizatör kapatıldı. Hasta 0,5 L/dk TGA ile ventile edilmeye devam edildi. Son süturun atılması ile hastanın TGA 6 L/dk'ya (hava ile %80 O₂) çıkarıldı. Nöromusküler blokaj 2-4 mg/kg sugammadex ile geri çevrildi. Yeterli spontan solunum sağlandıktan ve sözlü uyarılara yanıt alındıktan sonra hasta ekstübe edildi. Her vaka sonunda anestezi cihazından inhalasyon ajanlarının tüketim miktarları kaydedildi ve oryantasyon sonrası derlenme ünitesine çıkarıldı.

Postoperatif analjezi için parasetamol 1000 mg ve tramadol 100 mg İV olarak yapıldı.

Kayıt altına alınan veriler:

Demografik veriler: yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, boy, VKİ, ideal vücut ağırlığı (IVA), ASA skoru

Anestezi indüksiyonu öncesi: Bazal KB, KAH, SpO₂, PSI değerleri

Anestezi indüksiyonu sonrası: Entübasyon sonrası 1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk, 30.dk, 60.dk, 90.dk KB, KAH, SpO₂, F_iO₂, F_eO₂, EtCO₂, F_isevo, F_esevo, F_ides, F_edes, MAK, PSI değerleri, inhalasyon anestezi ajanı tüketim miktarı, O₂ ve hava tüketim miktarları

Zamanlar: Tüm zamanlar için entübasyon 0.dk olarak alındı. Diğer süreler entübasyon ile arasında olan süre olarak alındı

1 MAK'a ulaşma süresi= entübasyon ile 1 MAK'a ulaşma anı arasındaki süre, Cerrahi başlama zamanı= entübasyon ile ilk cilt insizyonun atıldığı zaman arasındaki süre, Vaporizatör kapatılma zamanı= entübasyon ile vaporizatörün kapatıldığı zaman arasındaki süre, Anestezi süresi= entübasyon ile ekstübasyonun yapıldığı zaman arasındaki süre, Cerrahi süre= cerrahi başlaması ile son süturun atılmasına kadar geçen süre olarak kaydedildi.

Maliyet verileri:

Çalışmanın yapıldığı zamanda 1 şişe sevofluran (250 mL) 3154 TL, 1 şişe desfluran ise (240 mL) 1190 TL idi. mL fiyatı olarak ise 1 mL sevofluran 12,62 TL, 1 mL desfluran 4,96 TL idi.

Toplam İnhalasyon Ajanı (IA) Maliyeti: Tüketilen ajan miktarının (mL) 1 mL ajan fiyatıyla çarpılmasıyla hesaplandı.

Saatlik Maliyet (TL/saat): Toplam IA maliyetinin anestezi süresine (saat) bölünmesiyle hesaplandı.

Çalışmanın primer çıkarımı obezite cerrahisinde minimal akım anestezi uygulamasında inhalasyon ajanı olarak kullandığımız sevofluran ve desfluranın saatlik maliyetlerinin karşılaştırılmasıdır. İkincil çıkarımlar ise düşük akım anestezi ile 1 MAK'a ulaşma sürelerinin ve anestezi ajanlarının toplam tüketim miktarlarının belirlenmesidir.

3.2. İstatistiksel Analiz

Verilerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama, standart sapma, medyan en düşük, en yüksek, frekans ve oran değerleri kullanılmıştır. Değişkenlerin dağılımı kolmogorov simirnov, shapiro-wilk test ile ölçüldü. Dağılımı normal olan nicel bağımsız verilerin analizinde bağımsız örneklem t test kullanıldı. Dağılımı normal olmayan nicel bağımsız verilerin analizinde mann-whitney u test kullanıldı. Nitel bağımsız verilerin analizinde ki-kare test, ki-kare test koşulları sağlanmadığında fischer test kullanıldı. Analizlerde SPSS 27.0 programı kullanılmıştır. Tüm testlerde istatistiksel önem düzeyi 0.05 (p) olarak alındı. $p < 0,05$ anlamlı düzeyde farklılık olarak değerlendirildi.

Örneklem büyüklüğünü hesaplarken yaptığımız ön çalışmaya göre; her iki grup için saatlik inhalasyon ajanı maliyeti arasında en az %30 fark oluştuğunu göstermek için (alfa=0.05, beta=0,95) her bir grupta olması gereken hasta sayısı en az 28 olarak

hesaplandı. Çalışma sürecinde oluşabilecek %10 veri kaybını tolere etmek için her grup 30 hasta olacak şekilde planlandı.



4. BULGULAR

Çalışmamıza obezite cerrahisi geçiren ve genel anestezi uygulanan 18-65 yaş arası, ASA III, VKİ ≥ 35 olan toplam 60 hasta dahil edildi.

Grup S ve Grup D arasında *hastaların yaşı, cinsiyet dağılımı, boy, kilo, VKİ, ASA skoru, IVA değeri* benzerdi (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Hastaların demografik verileri

		Grup S (n=30)			Grup D (n=30)			p
		Ort.±ss/n-%		Medyan	Ort.±ss/n-%		Medyan	
Yaş		37,2	± 11,4	33,0	37,0	± 9,8	37,5	0,963 ^m
Cinsiyet	Kadın	24	80,0%		25	83,3%		0,739 ^{x²}
	Erkek	6	20,0%		5	16,7%		
Boy (cm)		163,7	± 8,8	164,0	16,9	± 7,9	164,0	0,847 ^m
Kilo (kg)		120,6	± 17,2	118,5	120,5	± 15,7	117,0	0,818 ^m
VKI (kg/m²)		45,2	± 4,8	44,0	45,3	± 4,2	43,8	0,728 ^m
ASA Skoru	III	30	100%		30	100%		1,000 ^{x²}
IVA (kg)		57,0	± 8,5	57,0	57,0	± 7,1	56,0	0,987 ^t

^t Bağımsız örneklem t test / ^m Mann-whitney u test / ^{x²} Ki-kare test (Fischer test), Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, ASA: Amerikan Society of Anesthesiologist, IVA: İdeal Vücut Ağırlığı, p<0,05 anlamlı

Grup S ve Grup D arasında hastaların **SAB, DAB, OAB, SpO₂ değerleri** anlamlı farklılık göstermedi (Tablo 4.2; Tablo 4.3; Tablo 4.4; Tablo 4.5).

Tablo 4.2. Gruplar arası SAB karşılaştırılması

	Grup S (n=30)	Grup D (n=30)	p
	Ort.±ss	Ort.±ss	
SAB			
Bazal	133 ± 20	139 ± 18	0,258 ^m
1.dk	125 ± 14	134 ± 23	0,094 ^m
5.dk	112 ± 16	121 ± 17	0,045 ^m
10.dk	109 ± 15	110 ± 17	0,810 ^m
15.dk	113 ± 17	110 ± 18	0,498 ^m
30.dk	112 ± 19	115 ± 21	0,494 ^m
60.dk	112 ± 17	116 ± 16	0,456 ^m
90.dk	114 ± 16	119 ± 13	0,481 ^m

^m Mann-whitney u test, SAB: Sistolik arter basıncı, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, p<0,05 anlamlı

Tablo 4.3. Gruplar arası OAB karşılaştırılması

	Grup S (n=30)	Grup D (n=30)	p
	Ort.±ss	Ort.±ss	
OAB			
Bazal	102 ± 19	104 ± 16	0,582 ^m
1.dk	96 ± 14	102 ± 20	0,240 ^m
5.dk	89 ± 23	93 ± 17	0,433 ^m
10.dk	82 ± 13	82 ± 15	0,913 ^m
15.dk	86 ± 14	84 ± 20	0,629 ^m
30.dk	89 ± 17	88 ± 19	0,627 ^m
60.dk	88 ± 16	89 ± 11	0,830 ^m
90.dk	87 ± 13	88 ± 10	0,804 ^m

^m Mann-whitney u test, OAB: Ortalama arter basıncı, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, p<0,05 anlamlı

Tablo 4.4. Gruplar arası DAB karşılaştırılması

	Grup S (n=30)	Grup D (n=30)	p
	Ort.±ss	Ort.±ss	
DAB			
Bazal	78 ± 15	82 ± 16	0,397 ^m
1.dk	79 ± 15	82 ± 17	0,433 ^m
5.dk	69 ± 15	74 ± 16	0,221 ^m
10.dk	66 ± 16	63 ± 15	0,496 ^m
15.dk	70 ± 16	66 ± 22	0,379 ^m
30.dk	72 ± 19	70 ± 16	0,651 ^m
60.dk	70 ± 16	69 ± 11	0,785 ^m
90.dk	73 ± 15	70 ± 11	0,552 ^m

^m Mann-whitney u test, DAB: Diastolik arter basıncı, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, p<0,05 anlamlı

Tablo 4.5. Gruplar arası SpO₂ karşılaştırılması

	Grup S (n=30)	Grup D (n=30)	p
	Ort.±ss	Ort.±ss	
SpO₂			
Bazal	98 ± 1,8	98 ± 1,7	0,560 ^m
1.dk	99 ± 1,1	99 ± 1,6	0,926 ^m
5.dk	98 ± 1,3	99 ± 1,2	0,843 ^m
10.dk	98 ± 1,3	98 ± 1,2	0,922 ^m
15.dk	98 ± 1,5	98 ± 1,5	0,932 ^m
30.dk	98 ± 1,4	97 ± 1,9	0,529 ^m
60.dk	98 ± 1,7	98 ± 1,4	0,226 ^m
90.dk	98 ± 1,4	98 ± 1,8	0,765 ^m

^m Mann-whitney u test, SpO₂: Periferik venöz oksijen satürasyonu, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, p<0,05 anlamlı

Grup S ve Grup D arasında **KAH** değerleri karşılaştırıldığında **5.dk**, **10.dk** KAH değerleri Grup D’de fazlaydı ve bu istatistiksel olarak anlamlıydı (sırasıyla; p=0,029, p=0,046) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Gruplar arası KAH karşılaştırılması

	Grup S (n=30)	Grup D (n=30)	p
	Ort.±ss	Ort.±ss	
KAH			
Bazal	85 ± 14	87 ± 13	0,625 ^m
1.dk	90 ± 11	96 ± 13	0,068 ^m
5.dk	82 ± 11	89 ± 10	0,029 ^m
10.dk	78 ± 11	83 ± 13	0,046 ^m
15.dk	78 ± 12	83 ± 13	0,165 ^m
30.dk	80 ± 17	83 ± 14	0,471 ^m
60.dk	82 ± 14	80 ± 12	0,627 ^m
90.dk	86 ± 13	81 ± 8	0,356 ^m

^m Mann-whitney u test, KAH: Kalp atım hızı, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, p<0,05 anlamlı

Grup D’de *toplam tüketilen inhalasyon ajan miktarı* (30,2±9,1 mL) Grup S’de tüketilen inhalasyon ajan miktarına (18,8±5,8 mL) göre fazlaydı ve istatistiksel olarak anlamlıydı (p<0,001). Grup S ve Grup D arasında *O₂ tüketimi, hava tüketimi* açısından anlamlı farklılık görülmedi (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Toplam tüketilen gaz miktarları

	Grup S (n=30)		Grup D (n=30)		p
	Ort.±ss	Medyan	Ort.±ss	Medyan	
IA (mL)	18,8 ± 5,8	16,9	30,2 ± 9,1	28,2	0,000 ^m
O ₂ (L)	118,0 ± 24,0	127,0	112 ± 20,0	100,0	0,307 ^t
Hava (L)	31,0 ± 9,9	29,5	29,9 ± 10,1	30,0	0,529 ^m

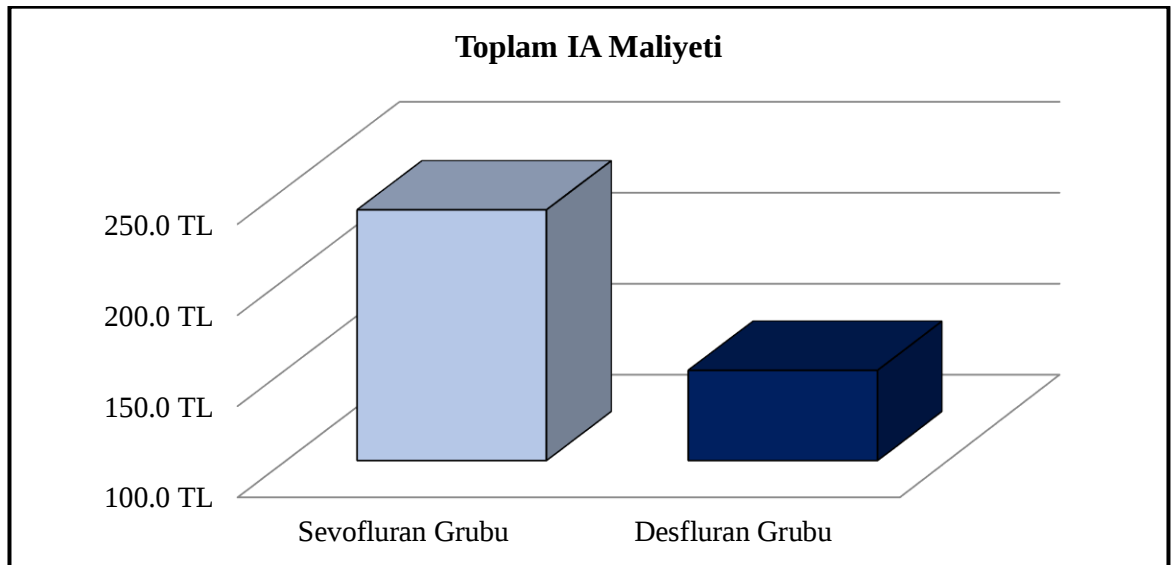
^tBağımsız örneklem t test, ^mMann-whitney u test, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, IA: İnhalasyon Ajanı, p<0,05 anlamlı

Grup S ve Grup D arasında **anestezi süresi ve cerrahi süre** benzerdi. **Toplam IA maliyeti** karşılaştırıldığında Grup S’de Grup D’ye göre anlamlı olarak daha yüksekti (sırasıyla 237,7 ± 73,8 TL; 149,5 ± 44,9 TL) (p<0,001). Her iki grup için saatlik maliyet karşılaştırıldığında Grup S’de **saatlik maliyet** Grup D’ye göre anlamlı olarak daha yüksekti (sırasıyla; 154,2 ± 30,1 TL, 103,2± 21,1 TL) (p<0,001) (Tablo 4.8; Şekil 4.1; Şekil 4.2)

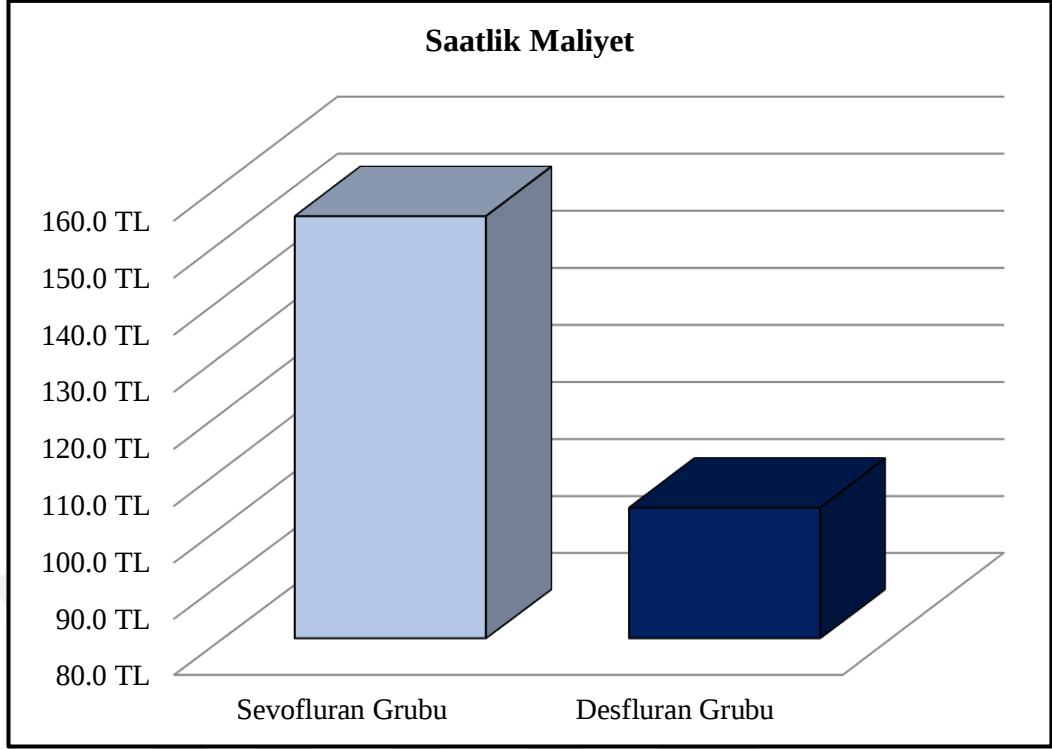
Tablo 4.8. İntraoperatif inhalasyon ajanı maliyet değerleri, anestezi ve cerrahi süre

	Grup S (n=30)				Grup D (n=30)				p
	Ort.±ss		Medyan	Ort.±ss		Medyan			
Toplam IA Maliyeti (TL)	237,7	± 73,8	212,6	149,5	± 44,9	139,8	0,000	^m	
Saatlik Maliyet (TL)	154,2	± 30,1	152,4	103,2	± 21,1	98,7	0,000	^t	
Anestezi Süresi(saat)	1,54	± 0,34	1,52	1,45	± 0,29	1,33	0,297	^m	
Cerrahi Süre (Saat)	1,3	± 0,3	1,2	1,2	± 0,3	1,1	0,185	^m	

^tBağımsız örneklem t test / ^mMann-whitney u test, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, IA:İnhalasyon Ajanı, p<0,05 anlamlı



Şekil 4.1 Gruplar Arası Toplam IA Maliyeti



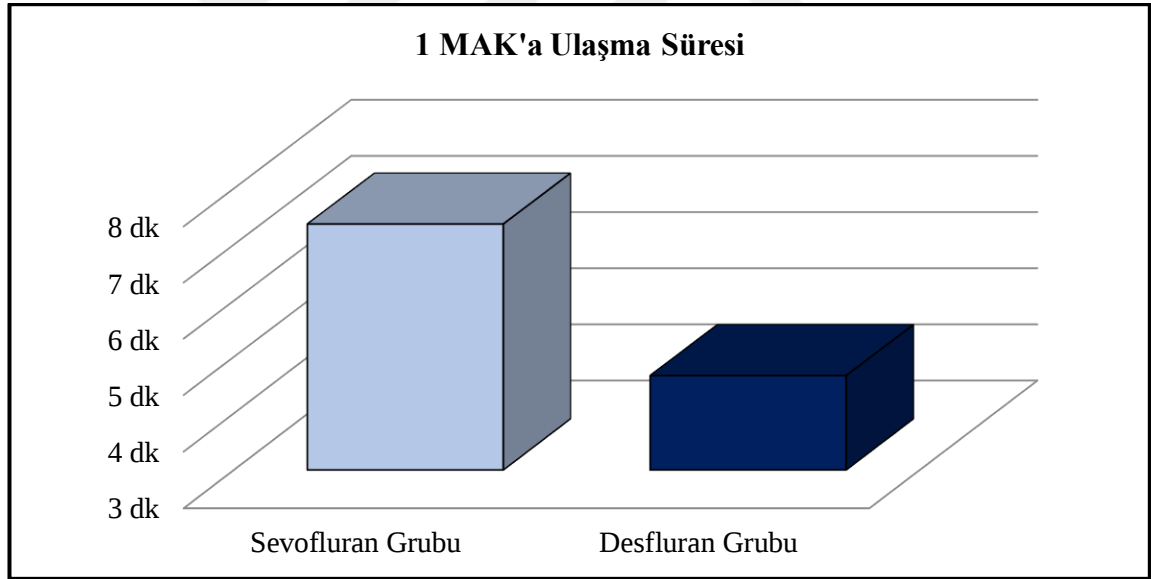
Şekil 4.2 Gruplar Arası Saatlik Maliyet

Grup D'deki hastaların **1 MAK'a ulaşma** süresi Grup S'deki hastalara göre çok kısaydı. Grup D'de bu süre $4,7 \pm 1,0$ dk iken Grup S'de $7,4 \pm 1,7$ dk idi ve istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0,001$). Grup S ve Grup D **cerrahi başlama, vaporizatör kapatılma, ekstübasyon zamanı** anlamlı farklılık görülmedi (Tablo 4.9; Şekil 4.3).

Tablo 4.9. Perioperatif Zamanlar

	Grup S (n=30)		Grup D (n=30)		P
	Ort.±ss	Medyan	Ort.±ss	Medyan	
1 MAK'a Ulaşma Süresi (dk)	7,4 ± 1,7	7,0	4,7 ± 1,0	5,0	0,000 ^m
Cerrahi Başlama Zamanı (dk)	17,6 ± 5,2	17,5	17,5 ± 4,8	16,0	0,658 ^m
VAP Kapatılma Zamanı (dk)	81,2 ± 18,4	81,5	75,0 ± 16,6	70,0	0,159 ^m

^m Mann-whitney u test, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, VAP: Vaporizatör, MAK: Minimum Alveolar Konsantrasyon, $p < 0,05$ anlamlı



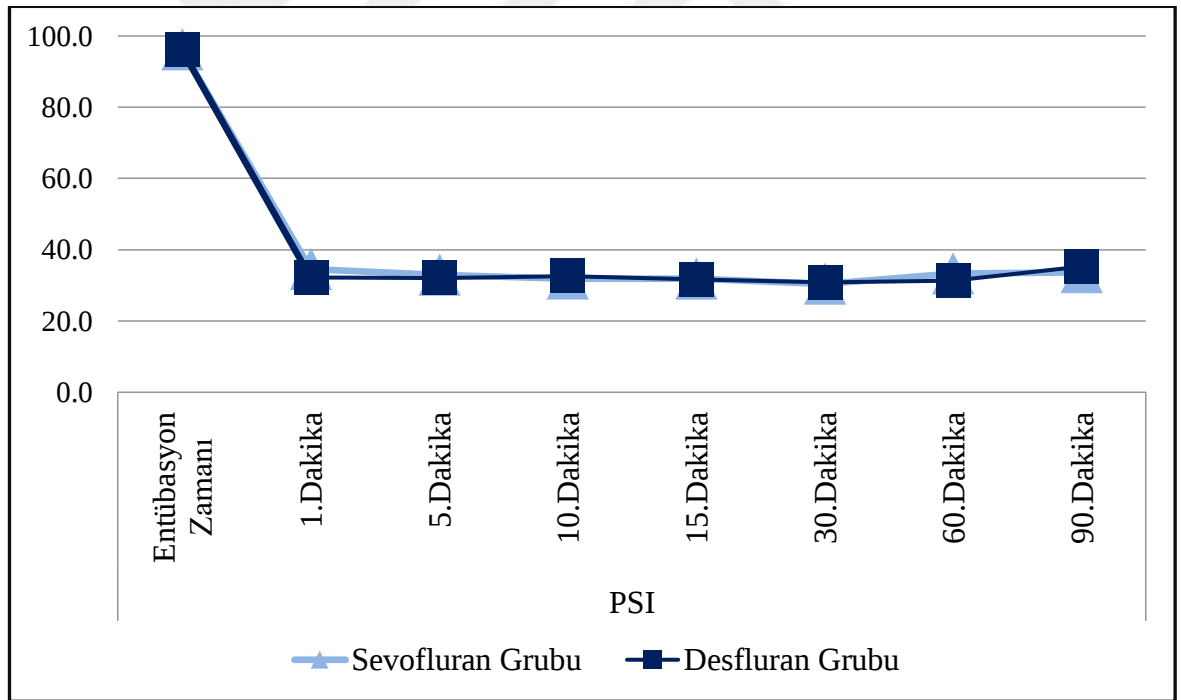
Şekil 4.3 Gruplar Arası 1 MAK'a Ulaşma Süresi

Grup S ve Grup D arasında bazal, **1.dk, 5.dk, 10.dk, 15.dk, 30.dk, 60.dk, 90.dk PSI değerleri** benzerdi (Tablo 4.10; Şekil 4.4).

Tablo 4.10. Hastaların PSI değerleri

	Grup S (n=30)		Grup D (n=30)		p
	Ort.±ss	Medyan	Ort.±ss	Medyan	
PSI					
Bazal	96,1 ± 1,7	95,5	96,0 ± 1,8	95,5	0,903 ^m
1.dk	34,5 ± 6,2	33,5	32,2 ± 5,6	30,0	0,136 ^m
5.dk	33,0 ± 6,0	30,5	32,0 ± 6,4	31,0	0,509 ^m
10.dk	31,8 ± 4,9	30,0	32,5 ± 6,3	31,5	0,749 ^m
15.dk	31,9 ± 4,7	31,0	31,7 ± 5,4	31,0	0,864 ^m
30.dk	30,4 ± 3,9	30,0	30,8 ± 4,8	30,0	0,812 ^m
60.dk	33,4 ± 8,5	32,5	31,4 ± 4,8	32,5	0,537 ^m
90.dk	33,6 ± 9,3	31,0	35,3 ± 15,0	30,0	0,812 ^m

^m Mann-whitney u test, PSI: Patient state index, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, p<0,05 anlamlı



Şekil 4.4 Gruplar Arası PSI Değerleri

5.dk ve 15.dk MAK değeri Grup D’de Grup S’ye göre anlamlı olarak yüksekken (sırasıyla; p=0,008, p=0,007), diğer ölçüm zamanlarında her iki grup arasında anlamlı farklılık görülmedi (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Hastaların intraoperatif MAK değerleri

	Grup S (n=30)		Grup D (n=30)		p
	Ort.±ss	Medyan	Ort.±ss	Medyan	
MAK					
1.dk	0.43 ± 0.21	0.40	0.48 ± 0.19	0.50	0.089 ^m
5.dk	0.84 ± 0.14	0.80	0.93 ± 0.10	1.00	0.008 ^m
10.dk	0.98 ± 0.08	1.00	1.00 ± 0.04	1.00	0.182 ^m
15.dk	0.98 ± 0.05	1.00	1.01 ± 0.04	1.00	0.007 ^m
30.dk	1.00 ± 0.06	1.00	1.00 ± 0.06	1.00	0.668 ^m
60.dk	0.91 ± 0.21	1.00	0.98 ± 0.07	1.00	0.153 ^m
90.dk	0.93 ± 0.21	1.00	0.90 ± 0.25	1.00	0.744 ^m

^m Mann-whitney u test, Ort: Ortalama, ss: Standart Sapma, MAK: Minimum Alveolar Konsantrasyon, p<0,05 anlamlı

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada obezite cerrahisi uygulanan hastalara sevofluran ve desfluran kullanarak 1 L/dk TGA ile “wash-in” yapıp, 1 MAK’a ulaşıldığında 0,5 L/dk TGA ile anestezi idamesine devam ettik. “Wash-in” döneminde sevofluran %6, desfluran %18’den açıldı. 1 MAK’a ulaştıktan sonra 0,5 L/dk TGA’ya düşüldüğünde MAK 0,9-1,1 olacak şekilde ajan yüzdeleri ayarlandı. Ameliyat başına ortalama ajan tüketimimiz Grup D’de 30,2±9,1 mL; Grup S’de 18,8±5,8 mL idi. Grup D’de ajan maliyetini 149,5±44,9 TL; Grup S’de 237,7±73,8 TL bulduk. Uygulanan anestezi süresi göz önüne alındığında her saat için inhalasyon ajan maliyeti Grup D’de 103,2±21,1 TL iken; Grup S’de 154,2±30,1 TL idi. Çalışma sırasında hastanemizin ajanlara ödedikleri fiyatlar göz önüne alındığında Grup D’nin daha düşük maliyetli olduğunu gözlemledik.

Düşük akım ve minimal akım anestezi günümüzde anestezi maliyetini azaltma, atmosferik kirlenmenin engellenmesi gibi avantajları nedeniyle yeniden popüler hale gelmiştir. Rübsam ve arkadaşları “wash-in” periyodu sırasında düşük veya minimal TGA (≤ 1 L/dk ile “wash-in” ve 0,35 L/dk ile idame) kullanılarak dengeli anestezinin CO₂ emisyonlarını ve anestezi maliyetini yaklaşık %50 oranında azalttığını belirtmişler (Rübsam ve ark., 2023). Aynı zamanda her iki inhalasyon anestezisi için idame aşamasında, TGA’nın 4 L/dk’dan 1 L/dk’ya düşürülmesinin, inhalasyon anesteziklerinin tüketimini sırasıyla %45,3 (desfluran) ve %51,8 (sevofluran) oranında azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, yaklaşık %45-50 oranında CO₂ emisyonunda ve dk başına genel anestezi maliyetlerinde önemli bir azalma olduğunu göstermişlerdir (Rübsam ve ark., 2023).

Obezite cerrahisi sıklığı da günümüzde giderek artmaktadır ancak obez hasta grubunda yağ doku fazlalığı nedeniyle anestezi derinliği sağlamada yetersizlik endişesi ve oksijen tüketiminin artmış olması nedeniyle anestezi uzmanları tarafından düşük akım anestezi uygulanmasında çekinceler mevcuttur. Öterkuş ve arkadaşları 2021 yılında obezite cerrahisinde düşük akım anestezinin hemodinamik ve periferik oksijenizasyon üzerine etkisi üzerine yaptığı çalışmada düşük akımlı anestezinin arteriyel kan gazı, hemodinamik parametreler ve anesteziden derlenme süreleri

üzerindeki etkilerini yüksek akımlı anesteziye benzer bulmuşlar. Laparoskopik obezite cerrahisinde düşük akımlı anestezinin kullanımının, doku perfüzyonunun yeterliliği, anestezi derinliği ve postoperatif iyileşme açısından yüksek akımlı anesteziden daha güvenli olduğunu ve dikkatli bir izleme ile düşük akımlı anestezinin obez bireylerde kullanılabileceğini belirtmişler (Öterkuş ve ark., 2021). Bu hasta grubunda özellikle minimal akım anestezi uygulandığı sırada monitörizasyonun iyi takibi, alarm limitlerinin bireyselleştirilerek belirlenmesi ve ayarlanması, hastalarda hipoksi gelişimini önleyecektir. Biz de çalışmamızda FiO₂ alt limitini %35 olarak ayarladık ve bu orana göre TGA içindeki O₂ yüzdesini belirledik. Bu da hastaların hiçbirinde hipoksi gelişmemesinin en önemli nedeniydi.

Rao ve arkadaşları 4 L/dk ile “wash-in” sonrası 1 L/dk ile anestezi idamesi sağladığı çalışmada sevofluran ve desfluranın maliyet etkinliğini karşılaştırdı ve sevofluranın tüketilen hacim ve maliyetinin desflurana kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu buldu. Sevofluran grubunda saatlik ortalama hacim tüketimi $5,039 \pm 0,54$ mL iken, desfluran grubunda $11,157 \pm 1,63$ mL idi. Sevofluran'ın saatlik ortalama maliyeti $110,86 \pm 12,06$ rupi iken, desfluranın maliyeti $398,08 \pm 22,73$ rupi bulundu (Rao ve ark., 2023). Kurhekar P ve arkadaşları 6 L/dk (2 L/dk O₂ ve 4 L/dk N₂O) ile “wash-in” sonrası TGA 1 L/dk (0,5 L/dk O₂ ve 0,5 L/dk N₂O) ile anestezi idamesi sağladığı ve inhalasyon ajanlarının maliyet-fayda oranı üzerine yaptıkları çalışmada izofluran, sevofluran ve desflurani karşılaştırıldı ve izofluranın üçü arasında en maliyet etkin olduğu, sevofluran maliyetinin ise desflurandan daha düşük olduğu bulundu (Kurhekar P ve ark., 2017). Ayanoğlu Taş ve arkadaşları tarafından yayınlanan yakın tarihli bir çalışma, desfluran grubunda %8 ve sevofluran grubunda %3,5 konsantrasyon kullanılarak 4 L/dk ile “wash-in” sonrası 0,5 L/dk TGA ile anestezi idamesi sağladıkları çalışmada sevofluran grubunda tüketim miktarı $14,3 \pm 4,91$ mL/hasta iken desfluran grubunda $32,57 \pm 13,12$ mL/hasta olarak bulundu. Sevofluran grubunda volatil anestezik maliyeti $5,13 \pm 1,76$ \$/hasta iken desfluran grubunda $6,7 \pm 2,27$ \$/hasta olarak bulundu. Tüketilen sevofluran miktarının desflurana kıyasla daha az ve daha maliyet etkin olduğunu buldu (Ayanoğlu Taş ve ark., 2022). Biz de çalışmamızda ameliyat başına toplam inhalasyon ajanı tüketimini Grup D’de

30,2±9,1 mL; Grup S'de 18,8±5,8 mL; ameliyat başına toplam inhalasyon ajanı maliyetini Grup D'de 149,5±44,9 TL; Grup S'de 237,7±73,8 TL bulduk. Saat başı maliyetlere baktığımızda ise Grup D'de 103,2±21,1 TL iken; Grup S'de 154,2±30,1 TL olduğunu ve Grup D'nin daha düşük maliyetli olduğunu gözlemledik. Diğer çalışmalarla kıyasladığımızda tüketilen hacim miktarları diğer çalışmalara benzer olarak Grup S'de daha düşük olmasına rağmen, diğer çalışmaların aksine bizim çalışmamızda Grup D daha düşük maliyetli bulunmuştur. Bunun sebebinin desfluran ve sevofluran şişesinin hastane alım fiyatlarını incelediğimizde bizim alım yaptığımız dönemde desfluran şişe fiyatının diğer çalışmalara göre oldukça uygun fiyatlı olduğunu gözlemledik. Maliyet çalışmalarını değerlendirirken o dönemdeki satın alma şartlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Şimşek ve arkadaşları 2022 yılında yaptıkları çalışmada 1 L/dk TGA %8 sevofluran ile “wash-in” uyguladıkları grupta 1 MAK'a ulaşma süresine kadar olan sevofluran tüketiminin, 4 L/dk TGA, %2,5 sevofluran ile “wash-in” uyguladıkları gruba göre yaklaşık 3 kat daha az olduğunu belirtmişlerdir. (Şimşek ve ark., 2022). Biz çalışmamızda “wash-in” döneminde her iki ajan için aynı TGA'yı uyguladık. İki farklı TGA miktarının ajan tüketimine bakmadık. Fakat bu bilgiler ışığında 1 L/dk ile “wash-in” uyguladık.

Şimşek ve arkadaşlarının 2022 yılında jinekolojik cerrahi planlanan 60 hasta üzerinde yaptıkları prospektif randomize kontrollü çalışmada farklı TGA ile “wash-in” uygulayarak sevofluran tüketimine etkisini değerlendirmişlerdir. Bir gruba 4 L/dk TGA, %2,5 sevofluran ile “wash-in” yapılırken diğer gruba 1 L/dk TGA, %8 sevofluran ile “wash-in” yapmışlardır. Yüksek akım uyguladıkları grupta 1 MAK'a ulaşma süresi 12.49±2.79 dk iken düşük akım uyguladıkları grupta 3.35±0.67 dk olduğunu belirtmişlerdir (Şimşek ve ark., 2022). Horwitz ve arkadaşlarının 2016 yılında 100 hasta üzerinde yaptıkları randomize kontrollü çalışmada, sevofluran veya desfluran ile 0,5 L/dk veya 1,0 L/dk sabit TGA uygulamışlar. “Wash-in” sırasında sabit vaporizatör ayarı, sevofluran %6 ve desfluran %18 kullandıkları bu çalışmada 1 MAK'a ulaşmak için gereken sürenin

0,5 L/dk desfluran ile $8,5 \pm 1,7$ dk, 1,0 L/dk desfluran ile $3,7 \pm 0,7$ dk, 0,5 L/dk sevofluran ile $15,2 \pm 2,4$ dk ve 1,0 L/dk sevofluran ile $6,2 \pm 1,3$ dk olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca %18 desfluranın her iki TGA seviyesinde de daha kısa sürede 1 MAK'a ulaştığını ifade etmişlerdir (Horwitz ve ark., 2016). Arslan ve arkadaşlarının 2020 yılında genel anestezi planlanan 80 hasta üzerinde yaptıkları randomize kontrollü çalışmada bir gruba 1 L/dk TGA %18 desfluran ile “wash-in” uygulanırken diğer gruba 4 L/dk TGA %6 desfluran ile “wash-in” uygulamışlardır. Diğer çalışmaların aksine bu çalışmada 1 ila 1.5 MAK'a ulaşma süresi değil 0.7 MAK'a ulaşma sürelerini değerlendirmişlerdir. Düşük akım uygulanan grupta 0.7 MAK'a ulaşma süresi ortalama 160 sn iken, yüksek akım uygulanan grupta 288 sn olduğunu ifade etmişlerdir (Arslan ve ark., 2020). Rübsam ve arkadaşlarının 2023 yılında minimal veya metabolik TGA'nın rutin kullanımının ekolojik ayak izini azaltması ile ilgili çalışmasında 40 yaş 80 kg erkek hasta “wash-in” periyodu simülasyonu sırasında farklı taze gaz akımlarına bağlı olarak inhalasyon anesteziklerinin 1 MAK'a ulaşma sürelerini belirtmişlerdir (Rübsam ve ark., 2023). Desfluran için 4 L/dk TGA ile MAK 1'e ulaşma süresi 7,72 dk iken, 1 L/dk TGA ile 8,37 dk, 0,5 lt TGA ile 18,92 dk; sevofluran için 4 L/dk TGA ile MAK 1'e ulaşma süresi 9,92 dk iken, 1 L/dk TGA ile 8,37 dk, 0,5 L/dk TGA ile 20,47 dk olduğunu ifade etmişlerdir.

Biz de çalışmamızda obez hastalarda 1 L/dk düşük akım “wash-in” ile Grup D'de 1 MAK'a ulaşma süresini ortalama $4,7 \pm 1,0$ dk olarak gözlemledik; Grup S'de ortalama $7,4 \pm 1,7$ dk olarak gözlemledik. Sonuçlarımız Horwitz'in çalışması ile benzer sonuçlarda olmasına rağmen Şimşek ve arkadaşlarının sevofluran grubundaki 1 MAK'a ulaşma süreleri ve Arslan ve arkadaşlarının desfluran ile MAK:0,7'e ulaşma süreleri bizim çalışmamıza göre daha kısadır. Şimşek ve arkadaşlarının çalışmasındaki farklılığın %8 sevofluran konsantrasyonları ile “wash-in” yapmalarına karşın bizim %6 ile “wash-in” yapmamız kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca çalışmalara alınan hasta gruplarındaki VKİ farklılıklarının neden olmuş olabileceğini düşünmekteyiz. Lemmens ve arkadaşlarının 2008 yılında 107 hasta üzerinde obezitenin insanlarda inhalasyon anestezik kinetiğini etkilediğine dair çalışmasında artan VKİ, anestezik emilimini

ve dolayısıyla sabit bir alveolar anestezi konsantrasyonunu sürdürmek için verilen anestezi ihtiyacını artırdığını belirtmişlerdir (Lemmens ve ark., 2008).

Kim ve arkadaşları 31 sağlıklı gönüllü ile propofolün farmakokinetik, farmakodinamik ve güvenlik profili araştırdıkları çalışmalarında tek başına 2 mg/kg iv propofolün indüksiyon dozunun uygulanmasından sonra, anestezi derinliğinin yaklaşık 9 ila 11 dk korunduğunu gösterdi (Kim ve ark., 2007). Propofolün indüksiyonda genelde opioidlerle kombine uygulanması nedeniyle bu sürenin daha da uzayacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Rübsam ve arkadaşlarının 2023 yılında minimal veya metabolik taze gaz akımının rutin kullanımının ekolojik ayak izini azaltması ile yaptığı çalışmada belirttiği üzere klinik deneyim, desfluran için, vaporizatör %18'e ayarlandığında yaklaşık 0,7 L/dk TGA'nın ve sevofluran için, vaporizatör %8'e ayarlandığında 0,5 L/dk TGA'nın "wash-in" periyodu sırasında yeterli anestezi derinliğini korumak için yeterli görüldüğünü gösterdi. (Rübsam ve ark., 2023).

PSI değeri anestezi uygulamasının çeşitli aşamalarında uyanıklık seviyesini tahmin edebileceği gösterilmiş bir indekstir. Bu indeks 0'dan 100'e kadar değişir ve anestezi için hedef aralık 25-50 arasındadır (Perez ve ark., 2021). Biz de çalışmamızda 2-2,5 mg/kg propofol indüksiyon sonrası baktığımız PSI değerlerinin her iki grupta da benzer şekilde 25-50 arasında seyrettiğini ve yeterli anestezi derinliğini sağladığını gözlemledik.

Ayrıca düşük akım anestezi ile "wash-in" yapılmasına yönelik endişelerden biri olan cerrahi uyarı başlangıcından önce 1 MAK seviyesine ulaşamaması durumunu değerlendirdiğimizde çalışmaya katılan tüm hastalar içinde en erken cerrahi başlama süresi 10.dk iken en geç 35.dk dır. 1 MAK'a ulaşma süresinin ise en geç 10.dk olduğu gözlenmiştir. Bu veriler de bize düşük akımlı anestezi ile "wash-in" yapmamıza rağmen cerrahi uyarı başlangıcından önce 1 MAK seviyesine ulaşıldığını göstermiştir.

Rübsam ve arkadaşlarının önerisi inhalasyon anesteziklerinin tüketimini önemli ölçüde azaltmak için, uygulanabilir en düşük TGA ayarlanması, "wash-in"

periyodu sırasında 1 L/dk TGA ile başlanması, artan klinik deneyimle birlikte, “wash-in” sırasında TGA 0,7–0,5 L/dk’ya kadar düşürülmesi ve idame fazında TGA 0,35 L/dk’ya kadar düşürülmesidir (Rübsam ve ark., 2023).

2023 yılı ESAIC Glasgow Bildirgesinde de belirtildiği gibi anestezinin indüksiyonu ve idame fazı süresince güvenli ve teknik olarak mümkün olduğunca TGA düşürülmeli ve minimum TGA hedeflenmelidir.

Son yıllarda DAA uygulamalarına yönelik bilinç ve farkındalığın artırılması, hekimlerin DAA uygulamalarına yönelik endişelerinin giderilmesi, anestezi cihazı ve solunum mekaniklerine dair mesleki donanımın artırılması amacıyla dernekler eğitimler düzenlemekte, yayınlar yapmakta ve bildirgeler yayınlamaktadır. Bu faaliyetler ile bilinçlenme sonrası DAA uygulamalarının artması hedeflenmektedir.

6. KAYNAKLAR

Arslan, M., Gişi, G., Öksüz, G., Öksüz, H., Bilal, B., Boran, Ö. F., & Çalışır, F. (2020). Are high fresh gas flow rates necessary during the wash-in period in low-flow anesthesia? *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 36(10), 834–840.

Ayanoğlu Taş, B., Şanlı Karip, C., Abitağaoğlu, S., Öztürk, M. C., & Erdoğan Arı, D. (2022). Comparison of minimal-flow sevoflurane versus desflurane anesthesia: randomized clinical trial. *Brazilian journal of anesthesiology (Elsevier)*, 72(1), 77–82.

Baker, A. B. (1994). Low flow and closed circuits. *Anaesthesia and Intensive Care*, 22(4), 341-342.

Bansal, T., Garg, K., Katyal, S., Sood, D., Grewal, A., & Kumar, A. (2020). A comparative study of desflurane versus sevoflurane in obese patients: Effect on recovery profile. *Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology*, 36(4), 541–545.

Baum J.A. (2002). Low Flow Anaesthesia Çeviren: Tomatır, E. Düşük Akımlı Anestezi. 1. basım, Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul; s: 54-71

Baum J.A. (2002). Low Flow Anaesthesia Çeviren: Tomatır, E. Düşük Akımlı Anestezi. 1. basım, Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul; s: 73-87

Baum J.A. (2002). Low Flow Anaesthesia Çeviren: Tomatır, E. Düşük Akımlı Anestezi. 1. basım, Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul; s: 88-110

Bengtson, J. P., Bengtson, A., & Stenqvist, O. (1989). The circle system as a humidifier. *British journal of anaesthesia*, 63(4), 453–457.

Bilgi, M., Goksu, S., Mizrak, A., Cevik, C., Gul, R., Koruk, S., & Sahin, L. (2011). 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*, 28(4), 279–283.

Brattwall, M., Warrén-Stomberg, M., Hesselvik, F., & Jakobsson, J. (2012). Brief review: theory and practice of minimal fresh gas flow anesthesia. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie*, 59(8), 785–797.

Buchwald, H., & Oien, D. M. (2013). Metabolic/bariatric surgery worldwide 2011. *Obesity surgery*, 23(4), 427–436.

Calle, E. E., Rodriguez, C., Walker-Thurmond, K., & Thun, M. J. (2003). Overweight, obesity, and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of U.S. adults. *The New England journal of medicine*, 348(17), 1625–1638.

Chudasama, P., & Mehta, M. (2018). Comparison of Haemodynamic Parameters and Recovery Characteristics between Sevoflurane and Desflurane in Patients Undergoing Day-Care Surgical Procedure. *Advances in Human Biology*, 8(3), 140.

Conway, B., & Rene, A. (2004). Obesity as a disease: no lightweight matter. *Obesity reviews*, 5(3), 145-151.

Cataloğlu, B., Saracoglu, A. (2013). Anesthetic management of the obese parturients. *Journal of Anesthesia-JARSS*, 21(5), 200–208

Eisenberg, D., Shikora, S. A., Aarts, E., Aminian, A., Angrisani, L., Cohen, R. V., de Luca, M., Faria, S. L., Goodpaster, K. P. S., Haddad, A., Himpens, J. M., Kow, L., Kurian, M., Loi, K., Mahawar, K., Nimeri, A., O'Kane, M., Papasavas, P. K., Ponce, J., Pratt, J. S. A., ... Kothari, S. N. (2023). 2022 American Society of Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS) and International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO) Indications for Metabolic and Bariatric Surgery. *Obesity surgery*, 33(1), 3–14.

Gangakhedkar, G. R., & Monteiro, J. N. (2019). A prospective randomized double-blind study to compare the early recovery profiles of desflurane and sevoflurane in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology*, 35(1), 53–57.

Heidvall, M., Hein, A., Davidson, S., & Jakobsson, J. (2000). Cost comparison between three different general anaesthetic techniques for elective arthroscopy of the knee. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, 44(2), 157–162.

Hendrickx, J., Jouwena, J., De Hert, S., & De Wolf, A. M. (2023). Low flow anesthesia : mission impossible? *Acta anaesthesiologica Belgica*, 74(1), 35–40.

Horwitz, M., & Jakobsson, J. G. (2016). Desflurane and sevoflurane use during low- and minimal-flow anesthesia at fixed vaporizer settings. *Minerva anesthesiologica*, 82(2), 180–185.

Hönemann, C., Hagemann, O., & Doll, D. (2013). Inhalational anaesthesia with low fresh gas flow. *Indian journal of anaesthesia*, 57(4), 345–350.

Huschak, G., Busch, T., & Kaisers, U. X. (2013). Obesity in anesthesia and intensive care. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 27(2), 247–260.

Kagoma, Y., Stall, N., Rubinstein, E., & Naudie, D. (2012). People, planet and profits: the case for greening operating rooms. *Cmaj*, 184(17), 1905-1911.

Kaidar-Person, O., Bar-Sela, G., & Person, B. (2011). The two major epidemics of the twenty-first century: obesity and cancer. *Obesity surgery*, 21(11), 1792–1797.

Katzmarzyk, P. T., Janssen, I., & Ardern, C. I. (2003). Physical inactivity, excess adiposity and premature mortality. *Obesity reviews*, 4(4), 257-290.

Kayhan Z. (2004). Klinik Anestezi. 3. Baskı, Logos yayıncılık, Ankara s:126-150.

Kim, K. M., Choi, B. M., Park, S. W., Lee, S. H., Christensen, L. V., Zhou, J., ... & Noh, G. J. (2007). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of propofol microemulsion and lipid emulsion after an intravenous bolus and variable rate infusion. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 106(5), 924-934.

Kleemann P. P. (1990). The climatization of anesthetic gases under conditions of high flow to low flow. *Acta anaesthesiologica Belgica*, 41(3), 189–200.

Koch, S., & Pecher, S. (2020). Neue Herausforderungen für die Anästhesie durch den Klimawandel [New challenges for anesthesia due to the climate change]. *Der Anaesthesist*, 69(7), 453–462.

Kristensen, L., Malte, C. L., Malte, H., Wang, T., & Williams, C. J. A. (2022). Obesity prolongs induction times in reptiles. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 271, 111255.

Kurhekar, P., Vinod, K., Krishna, J. S. D., & Raghuraman, M. S. (2017). Randomized comparison of isoflurane versus sevoflurane and desflurane for maintenance of ambulatory anesthesia. *Anesthesia Essays and Researches*, 11(4), 875-880.

Lemmens, H. J., Saidman, L. J., Eger, E. I., 2nd, & Laster, M. J. (2008). Obesity modestly affects inhaled anesthetic kinetics in humans. *Anesthesia and analgesia*, 107(6), 1864–1870.

Marx, T. (1997). Belastung des Arbeitsplatzes mit volatilen Anästhetika und Lachgas. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 32(09), 532-540.

Morgan, GE., Mikhail, MS. (2024). Clinical Anaesthesiology. Çeviren: Işık B., Klinik Anesteziyoloji. 7. Baskı, Güneş Tıp Kitapevleri, Ankara, p: 31-46.

Morgan, GE., Mikhail, MS. (2024). Clinical Anaesthesiology. Çeviren: Işık B., Klinik Anesteziyoloji. 7. Baskı, Güneş Tıp Kitapevleri, Ankara, p: 47-51.

Morgan, GE., Mikhail, MS. (2024). Clinical Anaesthesiology. Çeviren: Işık B., Klinik Anesteziyoloji. 7. Baskı, Güneş Tıp Kitapevleri, Ankara, p: 741-743.

Neligan, P. J., Porter, S., Max, B., Malhotra, G., Greenblatt, E. P., & Ochroch, E. A. (2009). Obstructive sleep apnea is not a risk factor for difficult intubation in morbidly obese patients. *Anesthesia and analgesia*, 109(4), 1182–1186.

Ogden, C. L., Yanovski, S. Z., Carroll, M. D., & Flegal, K. M. (2007). The epidemiology of obesity. *Gastroenterology*, 132(6), 2087–2102

Öterkuş, M., Dönmez, İ., Nadir, A. H., Rencüzoğulları, İ., Karabağ, Y., & Binnetoğlu, K. (2021). The effect of low flow anesthesia on hemodynamic and peripheral oxygenation parameters in obesity surgery. *Saudi medical journal*, 42(3), 264–269.

Özol, D., & Köktürk, O. (2013). Obesity hypoventilation syndrome. *Eurasian J Pulmonol*, 15(3), 137-43.

Patil, V. P., Shetmahajan, M. G., & Divatia, J. V. (2013). The modern integrated anaesthesia workstation. *Indian journal of anaesthesia*, 57(5), 446–454.

Pérez, G. A., Pérez, J. A. M., Álvarez, S. T., Morales, J. A. R., & Fragoso, A. M. L. (2021). Modelling the PSI response in general anesthesia. *Journal of clinical monitoring and computing*, 35(5), 1015–1025.

Rao, A., Konnur, S., & Sancheti, A. (2023). Comparison of Recovery Profile and Cost-effectiveness of Sevoflurane and Desflurane using Low Flow Anaesthesia in Adults: A Randomised Clinical Study. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 17(10).

Ready, L. (2000). Inhaled anesthetic delivery system. In: Miller, E., Cucchiara, R., Reves, J., Roizen, M., Savarese, J., editors *Anesthesia*. 1st ed. Philadelphia: Churchill Livingtane, p: 174-204.

Ready, L. (2000). Sleep Medicine. In: Miller, E., Cucchiara, R., Reves, J., Roizen, M., Savarese, J., editors *Anesthesia*. 1st ed. Philadelphia: Churchill Livingtane, p:267- 293

Richter, H., Weixler, S., & Schuster, M. (2020). Der CO₂-Fußabdruck der Anästhesie. *Wie die Wahl volatiler Anästhetika die CO₂-Emissionen einer anästhesiologischen Klinik beeinflusst. Anästh Intensivmed*, 61, 154-161..

Runkel, N., & Brydniak, R. (2016). Surgical Treatment of Metabolic Syndrome. *Visceral medicine*, 32(5), 352–356.

Rübsam, M. L., Kruse, P., Dietzler, Y., Kropf, M., Bette, B., Zarbock, A., Kim, S. C., & Hönemann, C. (2023). A call for immediate climate action in anesthesiology: routine use of minimal or metabolic fresh gas flow reduces our ecological footprint. *Canadian journal of anaesthesia* 70(3), 301–312

Shiga, T., Wajima, Z., Inoue, T., & Sakamoto, A. (2005). Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology*, 103(2), 429–437.

Simionescu, R. (1986). Safety of low flow anaesthesia. *Circular*, 3, 7-9.

Simsek, T., Derman, S., Kordi, R. G. M., Saracoglu, A., & Saracoglu, K. T. (2022). The effect of different flow levels and concentrations of sevoflurane during the wash-in phase on volatile agent consumption: a randomized controlled trial. *Journal of clinical monitoring and computing*, 36(5), 1257–1262.

Sümer, A. (2016). Definitions of obesity and current indications for obesity surgery. *Laparoscopic Endoscopic Surgical Science (LESS)*, 23(3), 56-62.

Taşkın, D., Gedik, E., & Kayhan, Z. (2020). Effects of Minimal Flow Sevoflurane or Desflurane Anaesthesia on Hemodynamic Parameters, Body Temperature and Anaesthetic Consumption. *Turkish journal of anaesthesiology and reanimation*, 48(5), 356–363.

Vollmer, M. K., Rhee, T. S., Rigby, M., Hofstetter, D., Hill, M., Schoenenberger, F., & Reimann, S. (2015). Modern inhalation anesthetics: potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophysical Research Letters*, 42(5), 1606-1611.

7. EKLER

7.1. Etik Kurul Onayı

	T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ Tıp Fakültesi Dekanlığı Fakülte Klinik Araştırmalar Etik Kurulu	
Sayı : E-16214662-050.01.04-102933-03		07.02.2022
Konu : Etik Kurul Başvuru Dosyası Hk.		
Sayın Doç. Dr. Beyazıt DİKMEN Sakarya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı		
İlgi : 12.01.2022 tarihli ve 03 sayılı başvurunuz. Destekleyicisi olduğunuz "Bariatrik Cerrahi Uygulanacak Genel Anestezi Planlanan Hastalarda Düşük Akımlı Anestezik Ajana Doyum (Wash in) Sürelerinin Belirlenmesi ve Minimal Akımlı Anestezi Uygulaması ve Uygulama Maliyetinin Belirlenmesi" isimli klinik araştırma başvuru dosyanız ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup; etik ve bilimsel açıdan bir sakınca bulunmadığına etik kurul üyelerince karar verilmiştir ve uygun bulunmuştur. Ancak çalışma bitiş tarihinden itibaren en geç 3 ay içerisinde çalışma sonuç raporunun Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna gönderilmesi gerekmektedir. Bilgilerinize rica ederim. Prof. Dr. Pelin TANYERİ Etik Kurulu Başkanı Ek: 18.01.2022 tarih ve 03 sayılı Etik Kurul Kararı (4 sayfa) Güvenli Elektronik İmzalı Aslı ile Aynıdır. 07.02.2022		
Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. Doğrulama Kodu: BSD57K7110 Pin Kodu: 75042 Belge Tutarı Adresi: https://mekip.gov.tr/ebd/ek-57K3&eD-BSD57K7110&eS-102933 Adres: Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı, Kocucuk Kampüsü, Kocucuk, Adapazarı/Sakarya Bilgi için: Yücel Demir Telefon No: 264 295 6630 Faks No: 264 295 6629 Unvanı: Birim Evrak Sorumlusu		

ÖZGEÇMİŞ

Adı	Gamze	Soyadı	YILMAZ OKUMUŞ
Doğum Yeri		Doğum Tarihi	
Uyruğu		Tel	
E-Mail			
Eğitim Düzeyi	Mezun Olduğu Kurumun Adı		Mezuniyet Yılı
Lisans			
İş Deneyimi			
Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)	
1-Pratisyen Hekim	Yenikent Devlet Hastanesi		

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendiriniz.