

## Klinik Araştırma

# Hepatektomi Ameliyatlarında Minimal Akım Anestezisi Uygulaması

Yusuf Ziya ÇOLAK<sup>1,a</sup>, Duygu DEMİRÖZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Malatya, Türkiye

### ÖZ

**Amaç:** Düşük akım anestezisi (DAA) %75'e varan anestezik ajan (AA) tasarrufu sağlar ve solunan anestezik gazın dinamiklerini iyileştirir, mukosilier klirensi artırır, vücut ısısını korur ve su kaybını azaltır. DAA son yıllarda anestezi uzmanları için yüksek taze gaz akımını (TGA) önlemek için tavsiye edilmiş olsa da, DAA ve minimal akım anestezisi (MAA) kullanımı çeşitli nedenlerden ötürü sınırlıdır. Bu çalışmanın temel amacı, DAA ve MAA uygulamasının güvenli olup olmadığını araştırmaktır. İkinci amaç, bu yöntemler kullanıldığında tüketilen AA miktarını belirlemektir.

**Gereç ve Yöntem:** Prospektif, gözlemsel olarak iki grupta çalışmaya 40 hepatektomi olgusu dahil edildi. Bir ameliyat odası sadece bu çalışma için tahsis edildi. Oksijen ihtiyacı göz önünde bulundurularak (yaklaşık 3-3.5 mL/kg/dk) 20 olgu için 300 mL/dk (grupM); 20 olgu için 600 mL/dk TGA (grupD) uygulandı. Desflurane (Suprane®) inhalasyon anestezik ajanı olarak kullanıldı ve remifentanil infüzyonu ile analjezi elde edildi. Hastaların demografik, solunum, hemodinamik, doku perfüzyon parametreleri (SpO<sub>2</sub> ve NIRS) ve AA tüketim verileri toplanarak karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Gruplar arasında demografik veriler, ameliyat süresi, hemodinamik, solunum ve doku perfüzyon parametreleri açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu parametreler tüm hastalarda her ölçüm aralığında normal sınırlar içindeydi. %40 FiO<sub>2</sub> elde etmek için GrupD vakalarında flowmetreden ortalama %61 O<sub>2</sub> (min=%56, maks=%65), GrupM vakalarında flowmetreden ortalama %89 O<sub>2</sub> (min %79, maks. %100) kullanılmıştır (p <0.001). Saatlik AA tüketimi GrupM'de (10.50 ± 3 mL/sa) GrupD'ye göre yaklaşık %34 daha düşüktü (14.10 ± 4 mL/sa).

**Sonuç:** Hepatektomilerde güvenlik sınırlarından sapmadan 300 mL/dk TGA hızında MAA uyguladık ve AA maliyetlerini 600 mL/dk DAA uygulamasına göre yaklaşık %34 azalttık.

**Anahtar Sözcükler:** Düşük Akım Anestezisi, Minimal Akım Anestezisi, Anestezik Ajan Tüketimi.

### ABSTRACT

#### Minimal Flow Anesthesia Practices in Hepatectomy Operations

**Objective:** Low flow anesthesia (LFA) provides a saving up to 75% and improves the dynamics of inhaled anesthesia gas. LFA has been recommended for anesthesiologists in recent years to avoid high fresh gas flow (FGF), however, LFA and minimal flow anesthesia (MFA) use have been limited due to associated risks. The main purpose of this study was to investigate whether LFA and MFA, are feasible and safe. The second aim is to determine the amount of anesthetic agent consumed when these methods are used.

**Material and Method:** Forty hepatectomy cases in two groups were included to the prospective and observational study. For the 20 cases, 300 mL/min (groupM) FGF was applied; for the 20 cases, 600 mL/min (groupD) was applied. Desflurane (Suprane®) was used as an inhalation agent. Patients' demographic, respiratory, hemodynamic, and tissue perfusion parameters (SpO<sub>2</sub> and NIRS), and consumption data of anesthetic agent (AA) were collected and compared.

**Results:** No significant differences were detected between the groups in terms of demographic data, duration of surgery, and hemodynamic, respiratory, and tissue perfusion parameters. The maximum O<sub>2</sub> concentration in the FGF that maintained FiO<sub>2</sub>=0.4 and provided adequate oxygenation during the LFA/Minimal Flow Anesthesia (MFA) was 61% in groupD, and 89% in groupM (p <0.001). The hourly AA consumption was 34% lower in groupM (10.50 ± 3 mL) than in groupD (14.10 ± 4 mL/h).

**Conclusion:** We performed 300 mL/min FGF speed without deviating from the safety limits in hepatectomies, reducing the anesthetic agent costs ≈ approximately to 34% compared with 600 mL/min FGF.

**Keywords:** Low-Flow Anesthesia, Minimal-Flow Anesthesia, Consumption.

**Bu makale atıfta nasıl kullanılır:** Çolak YZ, Demiröz D. Hepatektomi Ameliyatlarında Minimal Akım Anestezisi Uygulaması. Firat Tıp Dergisi 2022; 27(4): 257-261.

**How to cite this article:** Colak YZ, Demiroz D. Minimal Flow Anesthesia Practices in Hepatectomy Operations. Firat Med J 2022; 27(4): 257-261.

**ORCID IDs:** Y.Z.Ç. 0000-0002-8729-8705, D.D. 0000-0002-4241-4514.

Anestezik ilaç maliyetlerini ciddi oranda belirleyen anestezik ajanların (AA) önemli bir kısmı hasta tarafından metabolize edilmeden atık gaz sistemi üzerinden atmosfere salınır. Öte yandan, atık gaz miktarı, taze gaz akım miktarı (TGA) ile doğru orantılıdır ve TGA artışına paralel olarak artmaktadır (1). Tüm inhaler AA'ların atmosfer üzerinde sera gazı etkisi vardır ve bu etki desfluranda en yüksektir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın verilerine göre, desfluranın 100 yıllık küresel ısınma

potansiyeli (GWP100) 2540 gibi yüksek bir değerdir (GWP100: Farklı gazların küresel ısınma etkilerinin karşılaştırılmasına izin vermek için geliştirilmiştir. 1 ton gaz emisyonlarının belirli bir süre boyunca ne kadar enerji emeceğinin bir ölçüsüdür). Desfluranın atmosferik ömrü 14 yıldır. 2014 yılında inhaler AA'ın toplam yıllık küresel emisyonu, İsviçre'deki binek otomobillerin üçte birinin CO<sub>2</sub> emisyonlarına eşdeğer olarak hesaplanmıştır ve yaklaşık %80'i desflurandan kaynaklanmaktadır (2). Bu nedenle, yüksek TGA'dan

kaçınmak için son yıllarda anestezi uzmanlarına düşük akım anestezisi (DAA) önerilmektedir (3). İnhalasyonel anestezi sırasında DAA (0.5-1 L/dk), solunan anestezi ajanının dinamiklerini iyileştirir, mukosilier klirensi artırır, vücut ısısını korur ve su kaybını azaltır. Ayrıca, 2019 Dünya Tıbbi Eğilimler Raporu'na göre, küresel tıbbi enflasyon eğilimi ekonomik enflasyonunun yaklaşık üç katı kadardır (4). DAA %75'e varan ekonomik tasarruf sağlar (5). Bununla birlikte, DAA ile ilişkili riskler olarak; hipoksi, hiperkapni, yetersiz anestezi derinliği ve potansiyel olarak toksik gazların birikmesi sayılabilir. DAA, solunum gazı konsantrasyonlarını izlemek için ekipmanlarla donatılmış modern anestezi makineleri kullanılarak, riski artmadan hemen hemen tüm hastalarda kullanılabilir (6). Sonuç olarak, DAA hastalar için güvenli ve yararlıdır. Aynı zamanda ekonomik ve çevre dostudur. Benzer yorumlar minimal akım anestezisi (MAA) için de düşünülebilir (MAA=0.25-0.5 L/dk). Ancak hipoksi ve yüzeysel anestezi gibi kaygılar nedeniyle kullanımları yaygın değildir.

Bu çalışmanın temel amacı, DAA ve MAA uygulamasının güvenli olup olmadığını araştırmaktır. İkinci amaç, bu yöntemler kullanıldığında tüketilen AA miktarını belirlemektir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızı planlarken, standart bir hasta popülasyonu elde etmek için genellikle benzer vücut ağırlıklarına sahip Amerikan Anesteziyologlar Derneği fiziksel durum skoru (ASA) 1- 2 olan hepatektomi vakalarını seçtik. Prospektif, gözlemsel çalışmamız için kurumsal inceleme kurulundan etik onay alındıktan (İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu-2017/50) sonra, İnönü Üniversitesi Tıp Merkezinde, hepatektomi planlanan 18-65 yaş arası, ASA 1-2 40 hasta onamları alınarak çalışmaya dahil edildi. Diyabet hastaları, kardiyovasküler ve pulmoner hastalığı olanlar, vücut kitle indeksi <20 veya >30 olanlar, çalışmaya katılmak istemeyenler ve acil vakalar çalışma dışı bırakıldı. Operasyon öncesi anestezi cihazı (Maquet Flow-i40, Solna, Sweden) tam kontrol testinden geçirildi. Hastalara premedikasyon uygulanmadı. Hastaların yaş, boy, vücut ağırlığı (VA) ve cinsiyetleri kaydedildi. Hastaların elektrokardiyografisi (EKG), kalp atış hızı (atım/dk), sistolik arteriyel basıncı (SAB, mmHg), diyastolik arteriyel basınç (DAB, mmHg), ortalama arteriyel basınç (MAB, mmHg), periferik oksijen saturasyonu (SpO<sub>2</sub>, %) ve sıcaklık (°C) monitorize edildi. Pleth variable indeks (PVI) (intravasküler hacim durumunu değerlendirmek için), noninvaziv periferik hemoglobin (SpHb-g/dL), Perfüzyon indeksi (PI), Oksijen rezerv indeksi (ORI) monitorize edildi; Patient state index (PSI) ve sağ ve sol spektral frekanslar (SEFL-SEFR) anestezi derinliği takibi için monitorize edildi (Root; Masimo, Irvine, CA, USA). Ayrıca serebral

spektroskopi (NIRS) yöntemi ile sağ ve sol frontal bölgelerden bölgesel serebral oksimetre (rSO<sub>2</sub>L-rSO<sub>2</sub>R) ölçümü yapıldı ve bazal değerler kaydedildi (INVOS™ 5100C; Medtronic, MN, USA). Operasyon boyunca, doku perfüzyon parametreleri, SpO<sub>2</sub> (%>95) ve NIRS (bazal seviyenin ±% 20'si), hastaların güvenlik aralığında olduğunu belirlemek ve hipoksiden kaçınmak için kullanıldı.

Preoksijenasyon sonrası thiopental 5-8 mg/kg, fentanyl 1-2 mcg/kg, lidocain 1 mg/kg, vecuronium 0.1 mg/kg ile anestezi induksiyonu yapıldı ve yeterli anestezi derinliğine ulaşıldığında uygun büyüklükte bir endotrakeal tüp takıldı. Tüm olgularda invaziv arter takibi yapıldı. Oksijen gereksinimi (≈3-3.5 mL/kg/dk) göz önüne alınarak, 20 olgu için 300 mL/dk (Minimal akım, GrupM), 20 olgu için 600 mL/dk (Düşük akım, GrupD) TGA uygulandı. Gruplar kapalı zarf yöntemiyle belirlendi. Hedensterna araştırmasında, intraoperatif süreçte akciğerler açık tutulursa %30-40 oranında bir oksijen konsantrasyonunun (FiO<sub>2</sub>=0.3-0.4) yeterli olduğunu belirtmiştir (7). Bu nedenle tüm hastalarda hedef değerler FiO<sub>2</sub>=0.4, PSI:25-50, gruba göre bir TGA ve bu hedeflere ulaşmak için otomatik gaz kontrol modu (AGC) uygulandı. Desflurane (Suprane©) inhalasyon ajanı olarak kullanıldı, 0.5-1 mcg/kg remifentanil infüzyonu ile analjezi yönetimi sağlandı ve hastaların hiçbirinde N<sub>2</sub>O kullanılmadı. etCO<sub>2</sub> miktarı ≥3 mmHg olduğunda CO<sub>2</sub> absorbanı değiştirildi. Ameliyat sırasında KAH, SAB, DAB, MAB, SpO<sub>2</sub>, vücut sıcaklığı, PVI, SpHb, PI, ORI, rSO<sub>2</sub>L, rSO<sub>2</sub>R, PSI, SEFL ve SEFR değerleri bazal, anestezi induksiyonu, entübasyon sonrası, entübasyon sonrası 10 dakika ve entübasyon sonrası 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. saat zaman aralıklarında kaydedildi. FiO<sub>2</sub>=0.4 hedefine ulaşmak için gerekli olan O<sub>2</sub>/medikal hava oranı her on dakikada bir flowmetreden kaydedildi. Ameliyatlarda toplam ameliyat süreleri ve tüketilen anestezi gaz miktarları her hasta için ayrı ayrı (anestezi cihazından) kaydedildi.

## İstatistiksel Analiz

FiO<sub>2</sub>=0.4 hedefine ulaşmak için gerekli olan O<sub>2</sub>/medikal hava oranının, gruplar arasındaki farkını bulmak için, 52.8, standart sapma 49, tip 1 hata 0.05 ve tip 2 hatası 0.10 olduğunda, her gruptan en az 20, toplamda ise 2 grupta 40 bireyin gerekli olduğu güç analizi ile hesaplandı. Bu çalışmada kullanılan nicel veriler ortalama ± standart sapma veya ortanca (min-max) ile, nitel veriler ise sayılarla (yüzdeler) özetlenmiştir. Nicel değişkenlerin normal dağılımdaki durumları Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Nicel değişkenler için, parametrik test varsayımlarını sağlayan bağımsız gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığı bağımsız örneklerde t-testi ile incelenmiştir. Nicel değişkenler açısından, parametrik test varsayımları sağlamayan bağımsız gruplar arasında istatistiksel bir fark olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile kontrol edildi. Yates ki-kare testi ile bağımsız gruplar arasında nitel değişkenler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığı incelendi. p <0.05

istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi. Analizlerde IBM SPSS Statistics 22 paketi kullanılmıştır.

## BULGULAR

Çalışmaya 47 vaka alındı. Oksijenasyonu etkileyebileceğinden ötürü, introperatif kan transfüzyonu, inotropik veya vazokonsrikatif ajan kullanımı ve hipotansiyon görülen 7 hasta çalışmadan çıkarıldı. 40 vakanın verileri analiz edildi. Gruplar arasında yaş, cinsiyet ve VA açısından anlamlı bir fark saptanmadı (Tablo1).

**Tablo 1.** Gruplar arası yaş, VA ve cinsiyet.

	GrupM (n =20)	GrupD (n =20)	p
Yaş (yıl)	30.0 ± 8.6	31,6 ± 7,9	0.999
VA (kg)	74 ± 11,8	71.6 ± 11.9	0.887
Cinsiyet (F/M)	10/10	11/9	0.999

Hemodinamik parametreler analiz edilen tüm vakalarda her zaman normal sınırlar içindeydi ve gruplar arası anlamlı farklılık yoktu (p =0.584). Doku oksijenasyonunun göstergesi olan SPO<sub>2</sub> ve rSO<sub>2</sub>L, rSO<sub>2</sub>R değerleri tüm ölçüm zamanlarında güvenlik sınırlarının altına düşmedi ve gruplar arasında benzerdi (Tablo 2, 3).

**Tablo 2.** Gruplar arası SPO<sub>2</sub> değerleri.

	GrupM		GrupD		p
	Ort ± Std.Sapma	Ortanca (Min-Maks)	Ort ± Std.Sapma	Ortanca (Min-Maks)	
spO <sub>2</sub> giriş	96 ± 1	100 (96-100)	97 ± 1	99 (96-100)	0.397
spO <sub>2</sub> ind	100 ± 0	100 (99-100)	100 ± 0	100 (99-100)	0.384
spO <sub>2</sub> ent	100 ± 1	100 (98-100)	100 ± 1	100 (98-100)	0.999
spO <sub>2</sub> 5dk	99 ± 1	99 (97-100)	99 ± 1	99 (97-100)	0.917
spO <sub>2</sub> 10	99 ± 1	98 (97-100)	99 ± 1	99 (97-100)	0.096
spO <sub>2</sub> 20dk	98 ± 1	98 (97-100)	99 ± 1	99 (96-100)	0.434
spO <sub>2</sub> 1sa	98 ± 1	98 (96-100)	99 ± 1	99 (96-100)	0.335
spO <sub>2</sub> 2sa	99 ± 1	99 (97-100)	99 ± 1	99 (97-100)	0.522
spO <sub>2</sub> 3sa	99 ± 1	99 (97-100)	99 ± 1	99 (97-100)	0.300
spO <sub>2</sub> 4sa	99 ± 1	100 (98-100)	99 ± 1	100 (97-100)	0.584
spO <sub>2</sub> 5sa	99 ± 1	100 (97-100)	99 ± 1	100 (97-100)	0.812
spO <sub>2</sub> 6sa	99 ± 1	100 (98-100)	99 ± 1	100 (97-100)	0.960
spO <sub>2</sub> 7sa	100 ± 1	100 (98-100)	100 ± 1	100 (98-100)	0.866

**Tablo 3.** Gruplar arası rSO<sub>2</sub> değerleri.

	rSO <sub>2</sub> L			rSO <sub>2</sub> R		
	GrupM Ort±Std. Sapma	GrupD Ort±Std. Sapma	p	GrupM Ort±Std. Sapma	GrupD Ort±Std. Sapma	p
giriş	71 ± 7	70 ± 8	0.594	68 ± 16	70 ± 7	0.143
ind	74 ± 8	75 ± 9	0.703	72 ± 18	73 ± 8	0.514
ent	82 ± 9	82 ± 8	0.255	83 ± 10	82 ± 8	0.514
5 dd	78 ± 10	77 ± 9	0.319	79 ± 11	77 ± 8	0.261
10 dk	77 ± 9	75 ± 9	0.501	76 ± 11	74 ± 7	0.273
20 dk	75 ± 9	74 ± 8	0.460	74 ± 11	73 ± 6	0.314
1 sa	80 ± 9	79 ± 7	0.566	80 ± 11	78 ± 8	0.073
2 sa	82 ± 8	81 ± 9	0.851	81 ± 10	79 ± 8	0.435
3 sa	79 ± 9	81 ± 8	0.563	80 ± 9	80 ± 7	0.323
4 sa	81 ± 9	79 ± 8	0.354	81 ± 10	79 ± 8	0.321
5 sa	83 ± 8	78 ± 9	0.769	82 ± 8	76 ± 18	0.089
6 sa	82 ± 6	78 ± 11	0.381	80 ± 7	72 ± 22	0.062
7 sa	82 ± 7	80 ± 14	0.173	80 ± 9	76 ± 14	0.480

Ortalama ameliyat süresi her iki grupta da benzerdi (grupM=375±78 dk, grupD=365±60 dk, p =0.529). Vücut sıcaklıkları normal aralıktaydı (min=35.9-maks=37.3°C). Tüm hastalarda PSI düzeyleri 25 ile 50 arasındaydı ve iki grup arasında herhangi bir fark saptanmadı (p =0.456). FiO<sub>2</sub>=0.4'e ulaşmak için gerekli maksimum O<sub>2</sub> konsantrasyonunu GrupM için ortalama %89 (min=%79-maks=%100), GrupD için %61 (min=%56-maks=%65) olarak ölçüldü. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p <0.001). GrupM'deki üç vakada, FiO<sub>2</sub>=0.4'ü korumak için operasyon sırasında kısa bir süre için flowmetreden %100 oksijene oranına ihtiyaç duyuldu.

Saatlik AA tüketimi GrupD'de (14.10 ± 4 mL/sa) GrupM'e (10.50± 3 mL/sa) göre ≈ %34 daha yüksekti.

Toplam tüketim GrupM'de 1312 mL olarak ölçülürken, vaka başına ortalama 65.60 ± 21.30 mL, GrupD'de toplam tüketim 1714 mL olarak ölçülürken, vaka başına ortalama 85.70 ± 24.40 mL oldu (Tablo 4).

**Tablo 4.** Gruplar arası toplam tüketim, hasta başına ortalama tüketim ve saat başına ortalama tüketim.

	Anestezik Ajan (mL)	
	GrupM	GrupD
Toplam tüketim	1312	1714
Hasta başına tüketim	65.6 ± 21.3	85.7 ± 24.4
Saat başına tüketim	10.5 ± 3	14.4 ± 4

## TARTIŞMA

DAA ve MAA'de oksijenlenme ve anestezi derinliği iki ana endişedir. İnsanlar için ideal O<sub>2</sub> seviyesi %21'dir ve kandaki ideal PaO<sub>2</sub> yaklaşık 100 mmHg'dir. Oksijeni bir ilaç olarak göz önüne alındığımızda, birçok çalışma sadece düşük oksijen seviyelerinin riskli olmadığını, aynı zamanda yüksek seviyelerin de riskli olduğunu göstermiştir (7). Bu nedenle oksijenlenme mümkün olduğunca ideal seviyelere yakın yapılmalıdır. Bu amaç için en sık kullanılan formül Brody formülüdür (VO<sub>2</sub>=10XVA<sup>3/4</sup>), ayrıca tahmini oksijen talebi yaklaşık 3-5 mL/kg/dk olarak hesaplanabilir (8). Her iki gruptaki deneklerin ortalama ağırlığı 70 kg civarındaydı ve benzerdi. Bu vücut ağırlığına göre hesaplama yapıldığında yaklaşık bazal metabolik O<sub>2</sub> ihtiyacı ≈250 mL/dk olarak bulunabilir (Brody formülüne göre). GrupM'de TGA, 300 mL/dk (Modifiye Baker-Simionescu sınıflamasına [MBSs] göre MAA) ve grupD'de TGA, 600 mL/dk (MBSs'na göre DAA) olarak belirlenmiştir. Bu TGA miktarları yukarıda hesapladığımız gerekli O<sub>2</sub> miktarını sağlamak (≈250 mL/dk) için teorik olarak yeterlidir. Bulgularımızda belirtildiği gibi, FiO<sub>2</sub>=0.4 oranını elde etmek için flowmetreden ayarladığımız TGA içindeki maksimum O<sub>2</sub> konsantrasyonu GrupD'de %61 (min%=56-maks=%65), GrupM'de %89 (min=79% -maks=100%) idi. Bu sayılar 300 mL/dk TGA'da bile bir güvenlik aralığı olduğunu gösterdi. Ayrıca her durumda çalışmamızda takip ettiğimiz hemodinamik ve oksijenasyon parametrelerinin (SpO<sub>2</sub>, rSO<sub>2</sub>) güvenlik sınırlarını aşmaması yukarıda belirtildiği gibi sonuçlarımızı desteklemektedir.

Üç vaka FiO<sub>2</sub>=0.4 oranını korumak için kısa bir süre için flowmetreden %100 O<sub>2</sub> oranına ihtiyaç duydu, ancak bu olguların SPO<sub>2</sub> ve NIRS değerleri aynı zaman diliminde normal aralıktaydı. Bununla birlikte, bu vakaların hesaplanan O<sub>2</sub> ihtiyacı grup ortalamasına yakındı. Bu durumun solunum sistemi kaçaklarına bağlı olabileceğini tahmin edebiliriz. DAA uygulamalarında sistem kaçakları çok önemli bir sorundur. Anestezi makinemiz gelişmiş sensörlere ve uyarı sistemlerine sahiptir, ancak ne yazık ki sistem kaçağı testi için kabul edilebilir üst limit 150 mL/dk'dır (diğer gelişmiş modern anestezi makineleri gibi), bu kadar düşük akımlarda çalışırken 150 mL/dk civarı kaçak önemli bir sorun oluşturabilir. Mümkünse, düşük akımlarda çalışırken solunum sistemi kaçağı olmamalıdır.

GrupM'de kullandığımız 300 mL/dk TGA, MBS sınıflandırmasına göre MAA'ya eşittir. GrupD'de kullandığımız 600 mL/dk TGA, MBS sınıflandırmasına göre DAA'ya eşittir. 1 L/dk TGA'nın altındaki bu iki değer arasında bile AA maliyetinde ≈ %34 fark vardı. TGA miktarları arasındaki fark azaldığında tüketim farkları da azalır, bu beklenen bir durumdur. Benzer bir çalışmamızda (9), AA

tüketiminde 600 mL/dk TGA (AA tüketimi=12.40 mL/sa) ile 1200 mL/dk TGA (AA tüketimi=21.50 mL/sa) arasında ≈ %43 fark vardı. Bu çalışma, 600 mL/dk TGA ile 300 mL/dk TGA arasında yapıldı, ancak daha yüksek bir TGA ile yapılacak karşılaştırmalarda AA tüketim miktarlarındaki fark çok daha fazla olacaktır. 2021 fiyatlarına göre bir 240 mL desfluranın fiyatı 338 TL olup GrupM için saatlik AA maliyeti 14.78 TL, GrupD için saatlik AA maliyeti 19.85 TL, fark ≈5 TL'dir. Bir anestezi cihazının günde 6 saat çalıştığını düşünürsek, 12 odalı bir ameliyathanede yıllık AA maliyeti tasarrufu ≈130.000 TL olacaktır. Bu farkın ekonomik açıdan önemli olduğunu düşünüyoruz. Tekrar belirtmek gerekirse bu fark DAA ve MAA arasındaki tasarruf miktarıdır. Orta ve yüksek akımlar düşünüldüğünde tasarruf miktarı çok daha fazla olacaktır.

AA ile ilgili bir diğer önemli sorun atmosferik sera gazı etkileridir. Atık gaz sistemine giren gazlar ameliyathaneden atmosfere salınır ve atık gaz sistemine giren AA miktarının ana belirleyicisi TGA miktarıdır. Bu nedenle, atık anestezi gazlarının miktarını ve çevresel kirlenmeyi azaltmayı amaçlayan yöntemler TGA miktarına odaklanmaktadır (10).

Bu çalışmada, TGA'da %50'lik bir düşüş ile AA tüketiminde ≈ %34 azalma sağladık. Tek bir vakanın çevresel etkisi az olabilir, ancak bir anestezi uzmanının tüm kariyeri boyunca ürettiği atık gaz miktarı veya tüm dünyada bir günde inhalasyon anestezi altında yapılan ameliyatlarda göz önüne alındığında durumun ciddiyeti daha iyi anlaşılacaktır. Buna ek olarak, çalışan güvenliği açısından, ameliyathane ortamının atık gazla kirlenmesinin engellenmesi önemlidir. Gauger ve ark. atık gaz miktarına daha fazla maruz kalan pediatrik anestezi uzmanları ile diğer anestezi uzmanlarını karşılaştıran bir çalışma yürüttü ve pediatrik anestezi uzmanlarında spontan abortus oranlarının daha yüksek olduğunu buldu (11).

Çalışmamızın bazı sınırlamaları vardır. İlk olarak, CO<sub>2</sub> absorban maliyeti AA ile karşılaştırıldığında çok düşük olduğundan CO<sub>2</sub> absorban maliyetini hesaplamadık. Bir diğer sınırlama da cihazlar vaka alınmadan hemen önce tam testten geçirilsede, çok az da olsa devre kaçaklarının kaçınılmaz olmasıydı (kaçak alarm üst limit ≥150 mL/dk). DAA veya MAA'de, TGA ne kadar düşükse, kaçak miktarı o kadar önemli hale gelmektedir.

### Sonuç

Yüksek teknoloji anestezi cihazlarımız ve monitörlerimiz ile uygun vakalarda DAA/MAA kullanmak, AA'ların çevresel etkilerini azaltmak ve maliyetleri en aza indirmek için mantıklı bir seçenektir. Bu çalışmada, hepatektomilerde FiO<sub>2</sub>=0.4 oranına, 300 mL/dk TGA (MAA) ile güvenli bir şekilde ulaştık ve AA maliyetini 600 mL/dk TGA'na (DAA) göre ≈ %34 azalttık.

**KAYNAKLAR**

1. Nair BG, Peterson GN, Neradilek MB et al. Reducing wastage of inhalation anesthetics using real-time decision support to notify of excessive fresh gas flow. *Anesthesiology* 2013; 118: 874-84.
2. Karin LZ, Shannon KB, Lana MV et al. Provider education and vaporizer labelling lead to reduced anesthetic agent purchasing with cost savings and reduced greenhouse gas emissions. *Anesth Analg* 2019; 128: 97-9.
3. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg* 2012; 114: 1086-90.
4. Mercer Marsh Benefits, 2019 Medical Trends Around The World Report. Marsh&McLennan Companies.  
[https://www.mmc.com/content/dam/mmc-web/insights/publications/2019/jun/MMB\\_Medical\\_Trends\\_Survey\\_Final.pdf](https://www.mmc.com/content/dam/mmc-web/insights/publications/2019/jun/MMB_Medical_Trends_Survey_Final.pdf)
5. Hönemann C, Hagemann O, Doll D. Inhalational anaesthesia with low fresh gas flow. *Indian J Anesth* 2013; 57: 345-50.
6. Suttner S, Boldt J. Low-flow anaesthesia does it have potential pharmacoeconomic consequences? *Pharmacoeconomics* 2000; 17: 585-90.
7. Hedenstierna G. Oxygen and anesthesia: what lung do we deliver to the post-operative ward? *Acta Anaesthesiol Scand* 2012; 56: 675-85.
8. Baker AB. Low flow and closed circuits. *Anaesth Intensive Care* 1994; 22: 341-2.
9. YZ Colak YZ, Toprak HI. Feasibility, safety, and economic consequences of using low flow anesthesia according to body weight. *J Anesth* 2020; 34: 537-42.
10. Baum JA, Aitkenhead AR. Low-flow anaesthesia. *Anaesthesia* 1995; 50: 37-44.
11. Gauger VT, Voepel-Lewis T, Rubin P, Kostrzewa A, Tait AR. A survey of obstetric complications and pregnancy outcomes. *Paediatr Anaesth* 2003; 13: 490-5.