

Desfluran-N₂O, Sevofluran-N₂O Minimal Akım ve Propofol-Remifentanil Anestezilerinde Maliyetlerin Karşılaştırılması

Comparison of Costs of Minimal Flow Anesthesia with Desflurane-N₂O, or Sevoflurane-N₂O and TIVA with Propofol-Remifentanil

Dr. Rıza Hakan ERBAY,^a
Dr. Erkan TOMATIR,^a
Dr. Volkan HANCI,^b
Dr. Simay SERİN,^a
Dr. Habip ATALAY^a

^aAnesteziyoloji ve Reanimasyon AD,
Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Denizli

^bAnesteziyoloji ve Reanimasyon AD,
Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Zonguldak

Geliş Tarihi/Received: 16.06.2008
Kabul Tarihi/Accepted: 07.11.2008

Yazışma Adresi/Correspondence:
Dr. Volkan HANCI
Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Tıp Fakültesi,
Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD,
Zonguldak,
TÜRKİYE/TURKEY
vhanci@gmail.com

ÖZET Amaç: Modern anestezik ajanların yüksek fiyatları nedeni ile anestezide maliyet kontrolü çok önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada desfluran ve sevofluran minimal akım anestezileri ile propofol ve remifentanil kullanılarak yapılan total intravenöz anestezi (TIVA) yöntemlerinde maliyetlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** ASA I-II fiziksel durumda, bir-dört saat arası genel anestezi alacak toplam 90 olgu rastgele üç gruba ayrıldı. Tüm gruplarda premedikasyon ve anestezi induksiyonu benzerdi. Anestezi uygulamasında grup D'de (n= 30) 0.5 L.dk⁻¹ minimal taze gaz akımı ile desfluran-N₂O, Grup S'de (n: 30) 0.5 L.dk⁻¹ minimal taze gaz akımı ile sevofluran-N₂O ve Grup T'de (n: 30) propofol (100-150 µg.kg⁻¹.min⁻¹) ve remifentanil (0.1-0.5 µg.kg⁻¹.min⁻¹) infüzyonu ile TIVA kullanıldı. Anestezi düzeyi BIS ile monitörize edildi. Grup D ve Grup S'ye ilk 5 dakika ve anestezi kesilmeden 5 dakika önce anestezik gazlar yüksek akım (6 L.dk⁻¹) ile verildi. İlk 5 dakikadan sonra akım 0.5 L.dk⁻¹'ya düşürüldü. Anestezik ajan tüketimi ve maliyeti postoperatif dönemde yapıldı. Volatil anestezik tüketimi, vaporizatörlerin hassas tartıyla tartılması ile belirlendi. Ağırlıklar volatil anesteziklerin özgül ağırlığı olan desfluran için 1.465 g.mL⁻¹, sevofluran için 1.52 g.mL⁻¹ değerlerinden yararlanılarak mL'ye dönüştürüldü. **Bulgular:** Grup D'de saatlik desfluran tüketimi 28.4 ± 6.6 mL, Grup S'de saatlik sevofluran tüketimi 23.7 ± 8.7 mL, Grup T'de saatlik propofol ve remifentanil tüketimi sırasıyla 275.1 ± 35.9 mg ve 1.7 ± 0.3 mg olarak bulunmuştur. Minimal akım tekniği ile desfluran ve sevofluranın saatlik maliyetleri sırasıyla 10.22 YTL (5.26 Euro) ve 18.48 YTL (9.51 Euro), propofol ve remifentanil ile uygulanan TIVA'nin saatlik maliyeti 20.96 YTL (10.79 Euro) olarak bulundu. **Sonuç:** Desfluran ile uygulanan minimal akım anestezinin maliyeti, sevofluran ile uygulanan minimal akım anestezi ve TIVA maliyetinden düşüktü. Sevofluran ile minimal anestezi maliyeti de TIVA maliyetinden az da olsa düşük bulundu.

Anahtar Kelimeler: Desfluran; sevofluran; intravenöz anestezi; kapalı sistem anestezi; maliyet kontrolü

ABSTRACT Objective: Cost control in anesthesia practice is important, because the prices of new anesthetic drugs are generally high. The aim of this study was to determine and compare the costs of minimal flow anesthesia with desflurane-N₂O, or sevoflurane-N₂O, or total intravenous anesthesia (TIVA) with propofol and remifentanil. **Material and Methods:** A total of ninety ASA I-II physical status patients administered general anesthesia for 1 to 4 hours were randomly allocated to the three groups. Premedication and induction of anesthesia were similar in all groups. Group D received desflurane-N₂O with minimal flow, Group S received sevoflurane-N₂O with minimal flow and Group T received TIVA with propofol (100-150 µg.kg⁻¹.min⁻¹) and remifentanil (0.1-0.5 µg.kg⁻¹.min⁻¹). Level of anesthesia was monitored with BIS. In Group D and Group S, high flow rates were used for first 5 min, and then flow rate was reduced to 0.5 L.min⁻¹. The flow rate was increased as 6 L.min⁻¹ five minute before the cessation of anesthesia. The consumption of anesthetic agents was determined and calculated the costs postoperatively. Consumption of volatile anesthetics was measured by weighting vaporizers. Conversion from grams to milliliters was performed by using the specific weights of the volatile anesthetics (desflurane 1.465 g.mL⁻¹, sevoflurane 1.52 g.mL⁻¹). **Results:** In Group D, the consumption of desflurane was 28.4 ± 6.6 mL.h⁻¹. In Group S, the consumption of sevoflurane was 23.7 ± 8.7 mL.h⁻¹. In Group T, the consumption of propofol and remifentanil was 275.1 ± 35.9 mg.h⁻¹ and 1.7 ± 0.3 mg.h⁻¹ respectively. The cost of desfluran and sevoflurane with minimal flow technique was 10.22 YTL.h⁻¹ (5.26 Euro.h⁻¹) and 18.48 YTL.h⁻¹ (9.51 Euro.h⁻¹) respectively. The cost of TIVA with propofol and remifentanil was 20.96 YTL.h⁻¹ (10.79 Euro.h⁻¹). **Conclusion:** The cost of desflurane anesthesia was markedly lower than sevoflurane anesthesia and TIVA. Also, the cost of sevoflurane anesthesia was lower than TIVA.

Key Words: Desflurane; sevoflurane; anesthesia, intravenous; anesthesia, closed-circuit; cost control

Artan sağlık harcamaları maliyet kontrolünü giderek önemli hale getirmektedir. Modern anestezi ajanlarının yüksek fiyatları nedeni ile maliyet kontrolü anestezi uygulamalarında da giderek daha fazla oranda önem kazanmaktadır.

Geri solunmalı bir anestezi sistemi yardımıyla olgudan ekshale edilen gaz karışımı, karbondioksit eliminasyonu ardından, vücudun metabolik gereksinimini sağlayacak miktarda taze oksijen akımı ve volatil anestezikler ile birlikte tekrar kullanılabilir. Bu amaçla geliştirilen düşük akımlı anestezi; “karbondioksit eliminasyonundan sonra, ekshale edilen gazların en az %50’sinin geri solunmalı sistem ile olguya verilmesi” olarak tanımlanmaktadır.^{1,2}

Günümüzde, çoğu anestezi uygulamasının iletir teknoloji ürünü anestezi makineleri ve yeniden-solunmalı sistemler ile kapsamlı monitörizasyon altında yapılmaktadır. Ancak yüksek taze gaz akımı kullanıldığı için gerçek anlamda yeniden solunmanın avantajlarından yararlanılmadığı; sadece klinik uygulama değiştirilerek, mevcut ekipmanın daha etkin kullanılmasıyla önemli derecede tasarruf sağlanabileceği bildirilmektedir.³

Çalışmamızda desfluran ve sevofluran 0.5 L.dk⁻¹ minimal akım anestezileri ile propofol ve remifentanilin kullanıldığı total intravenöz anestezi (TIVA) yöntemlerinde maliyetlerin belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Araştırma ve Uygulama olgunesi ameliyathanelerinde, olguların yazılı onam belgeleri alınıp Helsinki Bildirgesi’nin prensiplerine uyularak, prospektif, randomize ve çift-kör olarak gerçekleştirildi.

Çalışmamıza American Society of Anesthesiology (ASA) risk sınıflaması I-II, 20-60 yaş arası, operasyonu bir-dört saat sürecek batın cerrahisi geçirecek, her grupta 30 olmak üzere toplam 90 olgu dahil edildi. Koroner arter hastalığı, böbrek, karaciğer yetmezliği, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) olanlar, opioidlere duyarlılığı, kronik opioid, trisiklik antidepressan, benzodiazepin, anti-convulzan, klonidin ve alkol kullanım öyküsü

olanlarla gebe ve laktasyon dönemindeki kadın olgular çalışma dışında bırakıldı.

Her olgudan önce anestezi devrelerinin kaçak kontrolü ve gaz monitörlerinin kalibrasyonu yapıldı. Tüm olgulara standart olarak ameliyattan bir saat önce intramusküler (i.m.) atropin (0.01 mg.kg⁻¹) ve midazolam (0.1 mg.kg⁻¹) ile premedikasyon uygulandı. Operasyon salonunda tüm olgulara bispektral indeks (BIS), noninvaziv arteriyel tansiyon (NITA), elektrokardiyografi (EKG) monitörizasyonu uygulandı. Tüm olgulara indüksiyondan önce 10 mL.kg⁻¹ laktatlı ringer ile sıvı replasmanı uygulandı ve tüm olgulara 10 L.dk⁻¹ %100 oksijen ile 1 dakika süreyle maske preoksijenasyonunu takiben anestezi indüksiyonu BIS kontrolü ile 2-4 mg.kg⁻¹ propofol ile sağlandı. Kas gevşetici olarak tüm gruplarda cisatrakuryum besilat kullanıldı. Olgular indüksiyonun ardından, rastgele sayılar tablosu kullanılarak yapılan randomizasyon sonrası, üç gruba ayrıldı. Anestezi idamesinin sağlanma yöntemi Grup D’de 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile desfluran-N₂O, Grup S’de 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile sevofluran-N₂O, Grup T’de ise propofol-remifentanil-%50 O₂-kuru hava ile yapıldı. olguların hipnotik düzeyleri BIS ile izlendi. İndüksiyonun ardından desfluran ve sevofluran gruplarında ilk 5 dk 6 L.dk⁻¹ yüksek akım uygulandı. Grup D’de; 6 L.dk %50 O₂-N₂O karışımı içinde desflurane %4 minimal alveol konsantrasyon (MAK) değerinden başlandı, ilk 5 dakika sonunda taze gaz akımı 0.5 L.dk⁻¹ düzeyine düşürüldü ve anestezi ajan düzeyi BIS değeri 60-40 arasında olacak şekilde ayarlandı. Grup S’de; 6 L.dk⁻¹ %50 O₂-N₂O karışımı içinde sevoflurane %3 MAK değerinden başlandı, ilk 5 dk sonunda taze gaz akımı 0.5 L.dk⁻¹ düzeyine düşürüldü ve benzer şekilde anestezi ajan düzeyi BIS değeri 60-40 arasında olacak şekilde ayarlandı. Grup T’de; 6 L.dk⁻¹ %50 O₂-kuru hava karışımı ile ventile edilen olguların idamesinde propofol (100-150 µg.kg⁻¹.dk⁻¹) ve remifentanil (0.1-0.5 µg.kg⁻¹.dk⁻¹) infüzyonu ile anestezi sağlandı ve anestezi ajan infüzyon hızları BIS değeri 60-40 arasında olacak şekilde ayarlandı. Tüm olguların ekspiryum sonu CO₂ (ETCO₂) düzeyleri operasyon boyunca devamlı izlenerek 35-40 mmHg arasında tutuldu. İnspiryum oksijen yüzdesi, hava yolu ba-

sınçları, cilt ısıları, hemodinamik parametreleri izlendi ve kaydedildi. İnspiratuar oksijen oranı operasyon boyunca %35 olarak tutuldu. Tüm grupların anestezi uygulamalarında Drager Cato ve Cicero marka anestezi makineleri kullanıldı.

Operasyon bitiminden 5 dakika önce taze gaz akımı 6 L.dk⁻¹ düzeyine çıkarıldı, son cilt sütürüne başlandığında anestezi kesilerek olgu %100 O₂ ile ventile edildi. Kas gevşetici 0.05 mg.kg⁻¹ neostigmin ve 0.01 mg.kg⁻¹ atropin ile antagonize edildi. Olgu antagonistler yapıldıktan sonra elle solutulmaya başlatıldı ve 10 saniyede bir spontan solunum kontrol edildi. Yeterli solunuma ulaşmaları ardından ekstübasyon uygulandı.

Operasyon bitiminde, kör uygulanmanın sağlanması amacıyla, anestezi yönetimine katılmayan, tüm gruplarda aynı çalışmacı (VH) tarafından Grup D ve Grup S'de her olgu sonrasında vaporetörler uygun şekilde dekonnekte edilerek hassas terazi ile ölçülüp, anestezi öncesi kayıt edilen ağırlıkları aracılığı ile belirlenen ağırlık değişiminden ve ajanların özgül ağırlıkları olan desfluran için 1.465 g.mL⁻¹, sevoflurane için 1.52 g.mL⁻¹ değerinden faydalanılarak, her bir olgu için tüm anestezi uygulaması sırasında kullanılan anestezi madde miktarı ayrı ayrı belirlendi. Grup T'de olgu için kullanılan remifentanil ve propofol miktarları mL ve mg cinsinden, her olgu için ayrı ayrı olacak şekilde belirlendi ve kayıt edildi. Postoperatif ağrı kontrolü operasyon bitiminden 15 dakika önce planlandı.

Maliyet hesabı sırasında kullanılan O₂, kuru hava, N₂O miktarları, atropin ve neostigmin miktarı maliyet hesabı dışında tutuldu. Maliyet hesabında, sadece olgularda kullanılan toplam anestezi

maddelerin maliyetleri analiz edildi. Grup D ve Grup S'de olguların düşük akım öncesi ve sonrası dönemdeki yüksek akım dönemlerini de içine alan, her olgu için anestezi sonrası ayrı ayrı belirlenen anestezi madde tüketimi toplam anestezi madde maliyetini oluşturmaktaydı. Ortalama saatlik kullanım miktarları ise tüm gruplarda, her olgu için ayrı ayrı olarak belirlenen tüketim miktarlarının toplanarak; her olgu için ayrı ayrı belirlenen anestezi uygulama sürelerinin toplamına bölünmesi ile elde edildi. Grup T'de maliyet hesabı yapılırken, remifentanilin Haziran 2008 fiyatı 8 YTL.mg⁻¹, propofolün Haziran 2008 fiyatı ise 0.03 YTL.mg⁻¹ olarak hesaplandı.

Olguların derlenme Aldrete skorlarının 9 olmasına dek geçen süreler kayıt edildi ve derlenme süresinde göz önünde bulunduruldu.

Veriler ortalama ± standart sapma (SD) olarak sunuldu. Demografik verilerden yaş ve ağırlık verileri ile devamlı değerler alan OAB, KAH ve SpO₂ gibi verilerin karşılaştırılması ile operasyon süresi, maliyet ve derlenme sürelerinin karşılaştırılmasında ANOVA testi, tekrarlayan ölçümlerin analizinde tekrarlı ölçümler varyans analizi kullanıldı. Cinsiyet, ASA; cerrahi tiplerinin dağılımı ise ki-kare testi ile analiz edildi. İstatistiksel analizler SPSS-11.0 programı kullanılarak yapıldı. P<0.05 ise sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Olguların demografik bulguları, ASA risk sınıfları ve kiloları arasında anlamlı farklılık yoktu (p> 0.05). Cerrahi ve anestezi süreleri de tüm gruplarda benzerdi (p> 0.05) (Tablo 1).

TABLO 1: Olguların demografik özellikleri ve ameliyat süreleri (ort ± SD).

Grup	Grup D (n= 30)	Grup S (n= 30)	Grup P (n= 30)
Yaş (yıl)	46.8 ± 4.4	45.9 ± 2.1	45.2 ± 1.3
Ağırlık (kg)	68.4 ± 12.2	69.4 ± 14.6	72.2 ± 14.2
Cinsiyet (E/K)	5/25	5/25	4/26
ASA (I/II)	22/8	25/5	23/7
Operasyon süresi (dk.)	109.8 ± 12.9	105.6 ± 14.8	114.3 ± 10.1
Anestezi süresi (dk.)	128.6 ± 23.3	123.7 ± 19.5	131.8 ± 18.6

Olguların operasyon boyunca kaydedilen hemodinamik parametreleri ve BIS değerleri benzerdi ($p > 0.05$) (Şekil 1, 2). Grup D ve Grup S'de kullanılan inhalasyon anestezisinin fraksiyone inspiratuar konsantrasyon değişiklikleri Şekil 3'te görülmektedir.

Çalışmamızda BIS kontrolü ve 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile uygulanan minimal akım anestezisi yönteminde harcanan desfluran miktarı 28.4 ± 6.6 mL.saat⁻¹, sevofluran miktarı 23.7 ± 8.7 mL.saat⁻¹ ve propofol ile remifentanil TIVA grubunda propofol miktarı 275.1 ± 35.9 mg.saat⁻¹ ile remifentanil miktarı 1.7 ± 0.3 mg.saat⁻¹ olarak belirlendi. Haziran 2008 tarihindeki ilaç ve kur fiyatlarına göre; desfluranın saatlik maliyeti 10.22 YTL (5.26 Euro), sevofluranın saatlik maliyeti 18.48 YTL (9.51 Euro), TIVA'nın maliyeti ise 20.96 YTL (10.79 Euro) olarak tespit edildi.

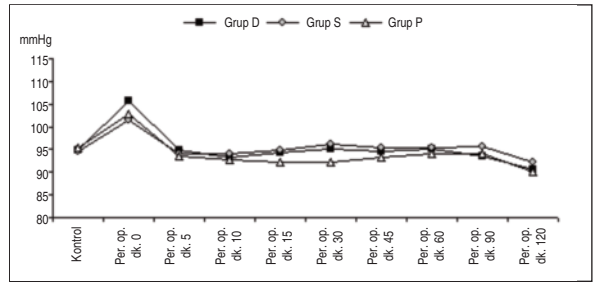
Minimal akım desfluran anestezisinin saatlik maliyeti, minimal akım sevofluran ve TIVA gruplarından belirgin derecede düşük olarak bulundu ($p < 0.05$). Minimal akım sevofluran anestezisinin saatlik maliyeti de TIVA grubundan düşüktü. Ancak Grup S ve Grup P'nin saatlik maliyetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu.

Kullanılan kas gevşetici olan cisatrakuryum besilatın ortalama dozları Grup D'de 15.4 ± 2.1 mg, Grup S'de 15.8 ± 3.2 mg, Grup P'de ise 15.7 ± 1.9 mg olarak bulundu ve tüm gruplarda ortalama kas gevşetici tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunamadı ($p > 0.05$).

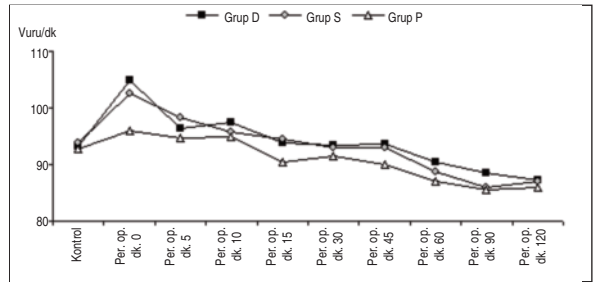
Gruplarda ekstübasyon ve derlenme süreleri sevofluran grubunda daha uzun olmasına karşın, gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0.05$) (Tablo 2).

TARTIŞMA VE SONUÇ

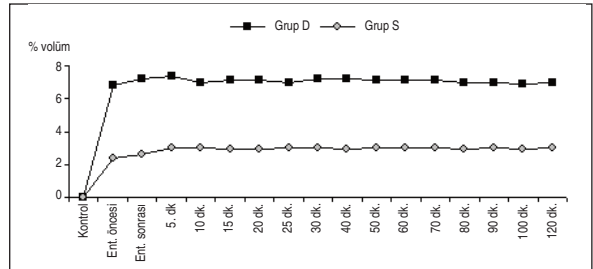
Dünya genelinde cerrahi girişimlerin %70-75'inin genel anestezi altında yapıldığı ve çoğunlukla inhalasyon anestezisi uygulandığı bildirilmektedir.³ Volatil anesteziklerin maliyetleri taze gaz akım hızı ile doğru orantılıdır. Anestezik gaz ve buhar tüketimindeki azalmanın doğal sonucu, maliyetin azalmasıdır.^{3,4}



ŞEKİL 1: Gruplar arasında ortalama arteriyel kan basıncı değişikliklerinin karşılaştırılması.



ŞEKİL 2: Gruplar arasında kalp atım hızı değişikliklerinin karşılaştırılması.



ŞEKİL 3: Gruplar arasında inhalasyon anesteziklerinin fraksiyone inspiratuar konsantrasyon değişiklikleri.

TABLO 2: Gruplar arasında ekstübasyon ve derlenme süresi değişikliklerinin karşılaştırılması (ort ± SD).

Grup	Grup D (n= 30)	Grup S (n= 30)	Grup P (n= 30)
Ekstübasyon süresi (dk.)	5.2 ± 2.2	5.8 ± 2.9	4.9 ± 3.1
Derlenme süresi (dk.)	15.8 ± 3.2	16.2 ± 2.4	15.0 ± 3.8

Sevofluran ve desfluran, düşük kan-gaz çözünürlüğüne sahiptir. Özellikle desfluranın sahip olduğu farmakokinetik özellikleri nedeni ile düşük akımlı anestezi için ideal bir ajan olduğu; azaltılmış taze gaz akımlı yöntemlerle kullanımının önemli ölçüde maliyet azalmasına neden olup, en pahalı ola-

rak bilinen bu ajanı daha ucuz olan diğer inhalasyon ajanlarından da avantajlı hale getirdiği bu konuda yapılmış çoğu yayında belirtilmektedir.^{3,5-7}

Değişik çalışmalarda, düşük akımlı tekniklerin yeterli monitörizasyon ve uygun eğitimle rutin klinik uygulamaya yerleşmesi ile inhalasyon ajanlarının tüketiminde, %25'ten %65'e varan oranlarda azalma olabileceğine değinilmiştir.^{8,9} Yapılan bir çalışmada ise minimal akım anestezisinde uygulamanın başında ve sonunda bulunan toplam 10-15 dakika yüksek akım kullanımı nedeni ile yapılan düzeltme sonunda, 90 dakikalık bir anestezide gaz ve buharlardan sağlanan net tasarruf oranı ise %75 olarak bulunmuştur.¹⁰ Bir diğer çalışmada da, taze gaz miktarının 4.4 L.dk⁻¹'dan 0.5 L.dk⁻¹'ya düşürülmesiyle iki saatlik anestezi maliyetinin %79.5 oranında azalacağı bildirilmektedir.⁵ Yıldırım ve ark., yaptıkları çalışmada taze gaz akımının 4 L.dk⁻¹'dan, 1 L.dk⁻¹'ya düşürülmesi ile anestezi gazlarının tüketiminde izofluran için %65, sevofluran için %67, desfluran için de %66 azalma olduğunu belirlemişlerdir.¹¹ Pediatrik anestezide ise 6 L.dk⁻¹ taze gaz akımı hızından, 0.6 L.dk⁻¹ taze gaz akım hızına düşülmesi durumunda sevofluran tüketiminin %86 oranında azaltılabileceği bildirilmiştir.¹² Elmacıoğlu ve ark. da, yaptıkları çalışmada ortalama desfluran tüketim miktarları; 2 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile 53.2 mL.saat⁻¹, 1 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile 48.3 mL.saat⁻¹ ve 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile 34.7 mL.saat⁻¹ olarak bulmuşlardır.¹³ Elmacıoğlu ve ark. Taze gaz akımının azaltılması ile volatil anestezi ajan tüketim miktarlarının da azaldığını ve taze gaz akımının 2 L.dk⁻¹'dan 0.5 L.dk⁻¹ hızına düşürülmesi ile, desfluran tüketiminde yaklaşık olarak %30 oranında azalma sağlandığını belirtmişlerdir.¹³ Weiskopf ve ark. ise yaptıkları çalışmalarında; 0.2, 1, 2, 4 ve 6 L.dk⁻¹ taze gaz akımlarında 60 dakika için desfluran tüketimini hesaplamışlar ve tüketim miktarlarını sırasıyla; 10.8 mL, 27.8 mL, 49,1 mL, 91.7 mL ve 134.3 mL olarak bulmuşlardır.⁶ Araştırmacılar, çalışmalarında düşük çözünürlüğe sahip desfluranın tüketim miktarının, taze gaz akımı hızına bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmamızda da BIS ile hipnotik düzeylerini takip ettiğimiz olgularımızda 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile desfluran tüketimi saatlik 28.4 ± 6.6 mL olarak bulduk. Elmacıoğlu ve ark.nın çalışması ile kıyaslandığında bizim çalışmamızda tüketim miktarının düşük çıkmasının nedeninin olgularımızın hiptonik durumunun takibinde BIS monitörizasyonunun kullanılması olduğunu düşünmekteyiz. Akkaya ve ark.¹⁴ da yaptıkları çalışmalarında BIS monitörizasyonu kullanımının desfluran gibi inhalasyon ajanlarının daha az kullanımına neden olacağını bildirmiştir.

Her ne kadar kullanılan taze gaz akımının düşürülmesi ile doğru orantılı olarak harcanan volatil anestezi miktarı azalsa da, bu azalmanın boyutu, düşük taze gaz akımlı anestezi uygulamalarının kullanılma süresine de bağlıdır. Minimal ve düşük akım anestezi ile sağlanan tasarruf miktarları bir saatlik uygulamada pek farklılık göstermezken, iki saatlik uygulamada minimal akım ile daha fazla tasarruf sağlanabileceği bildirilmektedir.⁵ Lee ve ark., kısa süren olgularda yaptıkları çalışmalarında; 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı kullanarak izofluran ve desfluranı yeterli alveoler konsantrasyona erişme süreleri açısından değerlendirmiş; kısa süren anestezi uygulamalarında, desfluranın düşük taze gaz akımları ile verimli bir şekilde kullanılabilmesi ve yüksek taze gaz akımları ile kıyaslandığında maliyetinde %30 oranında düşme sağlanabileceğini belirtmişlerdir.⁷

Değişik taze gaz akımları ile kullanılacak anestezi ajan miktarı çeşitli formüller ve bilgisayar simülasyonları ile de belirlenebilir.³ Baum ve ark.nın yaptığı ve maliyetin bir bilgisayar programı ile belirlendiği benzer bir çalışmada 100 dk'lık 0.5 L.dk⁻¹ anestezi uygulamasında kullanılan desfluran miktarı 27.9 mL, kullanılan sevofluran miktarı ise 19.7 mL olarak belirlenmiştir.¹⁵ Çalışmamızda ise desfluran miktarı 28.4 ± 6.6 mL.saat⁻¹, sevofluran miktarı 23.7 ± 8.7 mL.saat⁻¹ olarak bulunmuştur. Aradaki farklılığın yorumlanmasında, bilgisayar programı veya formüllerle, rutin anestezi pratiğinde sık rastlanan; anestezinin cerrahi uyarılardaki değişimler nedeni ile yüzeyleşmesi veya derinleşmesi, FiO₂'in düşmesi, ETCO₂'in yükselmesi gibi nedenlerle yapılan taze gaz akımı, anestezi ajan konsantrasyonu veya solunum parametreleri değişimlerini göz önüne almadığı vurgulanmakta ve rutin pratikte kullanılan anestezi ajan miktarlarında oluşan değişiklikler bu gibi faktörlere bağlanmaktadır.

Sodalime ile etkileşim sonucunda, desfluran kullanımında karbonmonoksit (CO), sevofluran kullanımında ise Compound A (18) oluştuğu bilinmektedir.^{3,16,17} Düşük akımlı anestezi uygulaması yöntemleri yeniden solutma sırasında nemin korunmasını sağlar.¹⁷ Absorban içeriğindeki nemin korunması, düşük akımlı anestezi uygulama yöntemlerine özgü bir üstünlüktür ve ortaya çıkan CO miktarının klinik olarak önemsiz olduğu belirtilmektedir.^{3,16,17} Ancak absorbanın düşük akımlı anestezi uygulaması esnasında aşırı miktarda nemlenmesi ve ısınması, sevofluran ile etkileşimi sonucu Compound A oluşumunu arttırmaktadır.¹⁹ Desfluran ile düşük akımlı anestezi uygulanması sırasında, kuru karbondioksit absorbanları ile etkileşim sonucunda CO zehirlenmeleri görülebildiği bildirilmektedir.¹⁸ Çalışmamızda, sistemde aşırı nemlenme, ısınma ve yabancı gaz birikiminin önlenmesi için aralıklı olarak sistemin yüksek taze gaz akımı ile yıkanması uygulamasına gidilmiştir. Ayrıca sodalime ile desfluranın olası bir etkileşiminden kaçınmak ve olası CO birikimi ile COHb artışının önlenmesi için çalışmamızda her gün sonunda CO₂ absorbanı değiştirildi.

Düşük akımlı anestezi uygulamalarında gerçek bir maliyet hesabı yapılabilmesi için sodalime tüketiminin, ek i.v. ilaçların, kullanılan solunum devrelerinin, uygun monitör ve vaporizör ekipmanının alımı, idamesi ve personel maaşları gibi konuların da dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır.³ Belirtilen bu konular içerisinde, özellikle sodalime tüketimindeki artışın önemli olduğu, ancak iki saatlik minimal akım anestezisi uygulamasında sodalime tüketimindeki artıştan kaynaklanan maliyet yükselmesinin, sağlanan parasal tasarrufun sadece %2.7'si kadar olduğu ve öne sürülen diğer maliyet artırıcı konular gibi ihmal edilebilir bir oran olduğu vurgulanmaktadır.³ Çalışmamızda da bu konuda bir maliyet düzeltilmesine gidilmesi ve Grup D ve Grup S'de sodalime'dan kaynaklanan yaklaşık %3'lük maliyet düzeltilmesinin yapılması halinde bile saatlik maliyetlerin yaklaşık olarak Grup D'de 5.8 Euro, Grup S'de ise yaklaşık 9.8 Euro olduğu görülmektedir.

TIVA'nın; seçilen volatil ajan ve taze gaz akımına bağımlı olarak, inhalasyon anestezisine göre yaklaşık 2-6 kat daha pahalı olduğu, bu nedenle ru-

tin kullanımının kısa süreli girişimlerle sınırlı olduğu bildirilmektedir.³ Desfluran ya da sevofluran gibi yeni ajanların 2 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ve sufentanil infüzyonu ile birlikte kullanılıp maliyetinin hesaplandığı bir çalışmada maliyetlerin benzer olduğu, TIVA'nın ise daha pahalı olduğu bildirilmektedir.^{20,21} Rosenberg ve ark., %100 O₂ ile desfluran veya 100-200 µg.kg⁻¹.dk⁻¹ hızında propofol infüzyonu verdikleri çalışmalarında, propofol ile uygulanan TIVA'nın, desfluran ile uygulanan anesteziye göre daha pahalı olduğunu belirtmişlerdir.²² Bir diğer çalışmada ise uzun süreli cerrahi girişimlerde, propofol ve remifentanil ile uygulanan TIVA, yüksek taze gaz akımıyla kullanılan desfluran-fentanil anestezisi ile karşılaştırıldığında; desfluran-fentanil grubunda derlenme süresinin daha kısa, anestezi maliyetinin de daha düşük olduğu belirtilmekte, gruplarda kognitif fonksiyonların geri dönme süresi ile anestezi sonrası bakım ünitesinde kalma sürelerinin benzer olduğu vurgulanmaktadır.²³ Lomber disk cerrahisinde propofol alfentanil ile uygulanan TIVA ile sevofluran ve isofluran ile uygulanan inhalasyon anestezisinin maliyet ve derlenme özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; TIVA uygulanan grupta derlenmenin daha hızlı olduğu, postoperatif bulantı, kusma ve ağrının daha düşük olduğu buna rağmen yine TIVA grubunda maliyetin, inhalasyonel anestezi kullanılan diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.²⁴ Visser ve ark da, propofol ile TIVA'yi yüksek taze gaz akımları ile uyguladıkları isofluran anestezisinden üç kat daha pahalı olarak bulmuşlardır.²⁵ Septorinoplasti olgularında, çalışmamızda olduğu gibi propofol ve remifentanil infüzyonu ile TIVA uygulanan olgularla, yüksek taze gaz akım hızları ile desfluran ve remifentanil infüzyonu uygulanan olgularda, anestezi maliyetinin karşılaştırıldığı bir diğer çalışmada ise, gruplarda maliyet ve derlenme profilleri arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.²⁶ Ülkemizde yapılan ve total abdominal histerektomi operasyonlarında, remifentanil ile kombine edilen propofol ile 6 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile uygulanan sevofluran ve desfluranın maliyetlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, anestezi maliyetleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı belirtilmektedir.²⁷

Bununla birlikte yapılan bir çalışmada, özellikle yüksek taze gaz akımı ile uygulanan sevofluran ve desfluran anestezisinin propofol ile uygulanan TIVA'dan daha yüksek maliyeti olduğu, propofol ile uygulanan TIVA ile daha hızlı derlenme elde edildiği belirtilmiş, aynı çalışmada tüm bu ajanlar arasında sevofluran, maliyeti en yüksek ajan olarak göze çarpmıştır.²⁸ Eberhart ve ark. da, çalışmalarında propofol ile TIVA'nın, tropisetron eklenen yüksek taze gaz akımlı desfluran anestezisinden daha ucuz olduğunu vurgulamaktadır.²⁹

Çalışmamızda ise N₂O ile birlikte 0.5 L.dk⁻¹ taze gaz akımı ile kullanılan desfluran en ekonomik ajan olurken, TIVA ise en yüksek maliyetli yöntem

olarak bulunmuştur. Sevofluran anestezisinin maliyeti de TIVA'dan az da olsa düşüktür.

Sonuç olarak; anestezi maliyeti hesaplanması sırasında değişik ülkelerde, hatta aynı ülkede değişik zaman dilimlerindeki anestezi ajan maliyetleri arasındaki farklılıklar da göz önünde tutulmalıdır. Zaman içinde ilaçların piyasa şartları, patent hakları ve yasal düzenlemelerle fiyatlarında değişiklikler olabilmektedir. Maliyet çalışmalarının bu nedenle güncellenerek tekrarlanarak yapılmasının yararlı olacağı, anestezi uygulamalarımız sırasında olgu güvenliğini elden bırakmadan, maliyet azaltıcı yöntemlerin de uygulanması gerektiği görüşündeyiz.

KAYNAKLAR

- Eger El II. Uptake and distribution. In: Miller RD, ed. Miller's Anesthesia. 6th ed. Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone; 2005. p.131-53.
- Baum JA, Aitkenhead AR. Low-flow anaesthesia. *Anaesthesia* 1995;(50 Suppl):37-44.
- Tomatır E. Düşük akımlı anestezi ve maliyet. *Anestezi Dergisi* 2002;10:149-56.
- Daniel M. Cost of volatile anaesthetic agents. *Br J Anaesth* 1996;77(3):437.
- Bozkurt P. Klinik uygulamada düşük akımlı anestezi. (Çeviri Editörü E Tomatır). Düşük Akımlı Anestezi - Düşük Akımlı, Minimal Akımlı ve Kapalı Sistemle Anestezide Kuram ve Uygulama. 1. Baskı, İstanbul; Nobel Tıp Kitapevleri; 2002. p.250-3.
- Weiskopf RB, Eger El. 2nd Comparing the costs of inhaled anesthetics. *Anesthesiology* 1993;79(6):1413-8.
- Lee DJH, Robinson DL, Soni N. Efficiency of a circle system for short surgical cases: comparison of desflurane with isoflurane. *Br J Anaesth* 1996;76(6):780-2.
- Baxter AD. Low flow and minimal flow inhalational anaesthesia. *Can J Anaesth* 1997;44(6):643-53.
- McKenzie AJ. Reinforcing a "low flow" anaesthesia policy with feedback can produce a sustained reduction in isoflurane consumption. *Anaesth Intensive Care* 1998;26(4):371-6.
- Tomatır E, Sabuncu C, Şentürk Y. Minimal akım anestezisi rutin olarak kullanılabilir mi? *Türk Anest Rean Mecmuası* 1997;25:257-62.
- Yıldırım A, Göksu H, Toprak Ç, Kılıç R, Yaşar M. İzofluran, desfluran ve sevofluran ile uygulanan düşük akımlı anestezinin, anestezi kalitesi ve güvenilirliğinin karşılaştırılması. *Fırat Tıp Dergisi* 2006;11:170-4.
- Igarashi M, Watanabe H, Iwasaki H, Namiki A. Clinical evaluation of low flow sevoflurane anaesthesia for paediatric patients. *Acta Anaesth Scand* 1999;43(1):19-23.
- Elmacioğlu MA, Goksu S, Kocoglu H, Oner U. Effects of flow rate on hemodynamic parameters and agent consumption in low-flow desflurane anesthesia: An open-label, prospective study in 90 patients. *Current Therapeutic Research* 2005;66:4-12.
- Akkaya T, Arık E, Gümüş H, Yazıcıoğlu D, Sayın M, Ütebey G, Alptekin A. [Comparison of desflurane and isoflurane anesthesia with bispectral index monitorization.] *Türkiye Klinikleri J Anest Reanim* 2007;5(2):69-78.
- Baum J, Sievert B, Stanke HG, Brauer K, Sachs G. [Nitrous oxide free low-flow anaesthesia.] *Anaesthesiol Reanim* 2000;25(3):60-7.
- Tang CS, Fan SZ, Chan CC. Smoking Status and body size increase carbon monoxide concentrations in the breathing circuit during low-flow anaesthesia. *Anesth Analg* 2001;92(2):542-7.
- Altman C. AANA journal course: update for nurse anesthetists--carbon monoxide poisoning: role of the anesthesia machine's carbon dioxide absorption system. *AANA J* 1996;64(1):41-7.
- Marini F, Bellugi I, Gambi D, Pacenti M, Dugheri S, Focardi L, et al. Compound A, formaldehyde and methanol concentrations during low-flow sevoflurane anaesthesia: Comparison of three carbon dioxide absorbers. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007;51(5):625-32.
- Osawa M, Shinomura T. Compound A concentration is decreased by cooling anaesthetic circuit during low-flow sevoflurane anaesthesia. *Can J Anaesth* 1998;45(12):1215-8.
- Bach A, Böhrer H, Schmidt H, Motsch J, Martin E. Economic aspects of modern inhalation anesthetics with sevoflurane as an example. *Anaesthesist* 1997;46(1):21-8.
- Boldt J, Jaun N, Kumle B, Heck M, Mund K. Economic considerations of the use of new anesthetics: A comparison of propofol, sevoflurane, desflurane, and isoflurane. *Anesth Analg* 1998;86(3):504-9.
- Rosenberg MK, Bridge P, Brown M. Cost comparison: A desflurane-versus a propofol-based general anesthetic technique. *Anesth Analg* 1994;79(5):852-5.
- Röhm KD, Piper SN, Suttner S, Schuler S, Boldt J. Early recovery, cognitive function and costs of a desflurane inhalational vs. a total intravenous anaesthesia regimen in long-term surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006;50(1):14-8.
- Ozkose Z, Ercan B, Unal Y, Yardim S, Kaymaz M, Dogulu F, et al. Inhalation versus total intravenous anesthesia for lumbar disc herniation: Comparison of hemodynamic effects, recovery characteristics, and cost. *J Neurosurg Anesthesiol* 2001;13(4):296-302.

25. Visser K, Hassink EA, Bonsel GJ, Moen J, Kalkman CJ. Randomized controlled trial of total intravenous anesthesia with propofol versus inhalation anesthesia with isoflurane-nitrous oxide: Postoperative nausea with vomiting and economic analysis. *Anesthesiology* 2001;95(3):616-26.
26. Gokce BM, Ozkose Z, Tuncer B, Pampal K, Arslan D. Hemodynamic effects, recovery profiles, and costs of remifentanil-based anesthesia with propofol or desflurane for septorhinoplasty. *Saudi Med J* 2007;28(3): 358-63.
27. Tüfek A, Bilgin H, Özcan B, Türker G. Remifentanil ile kombine edilen sevofluran, desfluran veya propofol anestezisi: Derlenme özelliklerinin, komplikasyonların ve anestezik ilaç maliyetlerinin karşılaştırılması. *Türk Anest Rean Der Dergisi* 2006;34:103-10.
28. Hornig HC, Kuo CP, Ho CC, Wong CS, Yu MH, Cherng CH, et al. Cost analysis of three anesthetic regimens under auditory evoked potentials monitoring in gynecologic laparoscopic surgery. *Acta Anaesthesiol Taiwan* 2007;45(4):205-10.
29. Eberhart LH, Bernert S, Wulf H, Geldner G. Pharmacoeconomical model for cost calculation using a study on prophylaxis of nausea and vomiting in the postoperative phase as an example. Cost effectiveness analysis of a tropisetron supplemented desflurane anaesthesia in comparison to a propofol total intravenous anaesthesia (TIVA). *Anaesthesist* 2002;51(6):475-81.