

Karbondioksit Absorbanının Hatalı Kullanımının Etkilerinin Araştırılması: Deneysel Bir Çalışma

Investigating the Effect of Carbon Dioxide Absorbent Misuse: An Experimental Study

Uz.Dr. Nilay BOZTAŞ,^a
Yrd.Doç.Dr. Aydın TAŞDÖĞEN,^a
Doç.Dr. Sevda ÖZKARDEŞLER BİRLİK,^a
Müh. Mustafa ŞAKAR,^b
Dr. Refika OKUYUCU,^c
Uz.Dr. Merih YILDIZ EĞLEN^d

^aAnesteziyoloji ve Reanimasyon AD, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi,
^bTeknik Programlar Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu, İzmir
^cAnesteziyoloji Kliniği, Manisa Devlet Hastanesi, Manisa
^dAnesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ardahan Devlet Hastanesi, Ardahan

Geliş Tarihi/Received: 29.07.2011
Kabul Tarihi/Accepted: 22.11.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:
Uz.Dr. Nilay BOZTAŞ
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD, İzmir,
TÜRKİYE/TURKEY
nilay.boztas@deu.edu.tr

ÖZET Amaç: Karbondioksit (CO₂) absorbanlarının klinik ortamda hatalı kullanımı kurumayla sonuçlanmaktadır. Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu (APSF), CO₂ absorbanlarının kurumasından kaynaklanan tehlikelere dikkat çekmiş ve kurumamanın önlenmesi için önerilerde bulunmuştur. Bu çalışmada CO₂ absorbanının hatalı kullanımının etkilerini deneysel olarak araştırmayı amaçladık. **Gereç ve Yöntemler:** Klinik koşullarımızın simüle edildiği çalışmada APSF standartları uygulanan (grup A) ve uygulanmayan (grup B) olmak üzere iki grup belirlendi. Her bir grup (n=6) için 6 çalışma gerçekleştirildi. Her çalışma için, 1000 g taze absorban (Drägersorb 800 plus) kullanıldı. Standart anestezi (TGA: 4 L/dk, %2,1 sevofluran, %50 O₂/N₂O) uygulandı. On iki saatlik gündüz periyotlarında 1 saatlik anestezi sonrası verilen yarım saatlik aralarda solunum devresinden (grup A'da 150 mL/dk, grup B'de 6 L/dk) oksijen geçirildi. On iki saatlik gece periyotlarında; grup A'da solunum devreleri söküldü, grup B'de 6 L/dk oksijen açık bırakıldı. İnspire edilen minimum karbondioksit (IMCO₂) düzeyi 2 mmHg'ya ulaşınca çalışma sonlandırıldı. **Bulgular:** APSF önerileri doğrultusunda kurumamanın önlenmesiyle; absorbanın tükenme süresi, ağırlığı, sistemin nem ve sıcaklığının daha iyi korunduğu saptandı (p<0,05). Her iki grupta CO üretimi saptanmadı. **Sonuç:** Klinikte APSF'nin önerilerine uyularak CO₂ absorbanlarının daha bilinçli kullanılması ile yan etkilerin ve maliyetin azaltılabileceği düşünüldü.

Anahtar Kelimeler: Karbon dioksit; kurutma; sevofluran; soğurma

ABSTRACT Objective: The misuse of CO₂ absorbent in clinic leads to dryness. Anaesthesia Patient Safety Foundation has pointed out potential risks arising from desiccation of carbon dioxide absorbents. In this study, we aimed to investigate the effects of misuse experimentally. **Material and Methods:** Two groups were determined in the study which simulates the clinical conditions; with (group A) and without (group B). Six studies were performed for each group (n=6). For each study 1000 g fresh absorbent (Draegersorb 800 plus) was used. Standard anesthesia was used (FRF: 4 l.min⁻¹, 2.1% sevoflurane and 50% N₂O/O₂) using the anesthesia machine. During 12-hours day periods, at half-hour waiting periods following one-hour anaesthesia, oxygen flow (150 ml.min⁻¹ for group A, 6 l. min⁻¹ for group B) is allowed from breathing circuits. During 12-hours night periods, breathing circuits are removed in group A, 6 l.min⁻¹ oxygen flow is left on in group B. When the minimum carbon dioxide inspired level is detected at 2 mm Hg, then the experiment is aborted. **Results:** It is determined that, in accordance with the APSF recommendations, prevention of desiccation has prolonged the longevity of the absorbent, also preserved the ambient temperature and humidity better (p<0.05). CO formation is detected in none of the groups. **Conclusion:** It is suggested that using the absorbents more rationally in clinic according to APSF recommendations will reduce the side effects and cost.

Key Words: Carbon dioxide; desiccation; sevoflurane; absorption

Türkiye Klinikleri J Anest Reanim 2012;10(1):14-20

G enel anestezinin gelişimindeki en önemli kilometre taşlarından birisi solunum sistemindeki karbondioksit (CO₂) birikiminin önlenmesidir.¹ Özellikle son yıllarda yapılan deneysel ve klinik ara-

tırmalar karbondioksit absorbanlarının; CO₂'i tutması, sistemi ısıtması ve nemlendirmesi gibi olumlu etkilerinin yanında, inhalasyon ajanları ile etkileşimleri sonucu; karbonmonoksit (CO), bileşik A-E, metanol, formaldehid, formik asit vb. oluşturduklarını göstermiştir.^{2,3}

Absorbanların istenmeyen etkilerinin kurumaya bağlı olarak geliştiği bildirilmektedir.^{4,5} “Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu [*Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF)*]’nin 2005’te “absorbanların güvenliği” konusundaki konferans raporunda, “absorbanların kurummasının önlenmesi” için bir dizi önerileri yayımlanmıştır.⁶

Bu çalışmanın amacı; CO₂ absorbanının klinik ortamda hatalı kullanımının etkilerini deneysel olarak araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma, “Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik ve Laboratuvar Araştırmaları Etik Kurulu” nun onayı alındıktan sonra prospektif ve deneysel olarak gerçekleştirildi. Çalışmada APSF standartları uygulanan (grup A) ve uygulanmayan (grup B) olmak üzere 2 grup belirlenerek her grupta 6’şar olmak üzere toplam 12 deney gerçekleştirildi. CO₂ absorbanı üzerine etki edebilecek multifaktöriyel etmenleri standardize edebilmek için ameliyathanemizdeki 3 ameliyat salonundaki anestezi cihazları (Dräger, NAD2C, Lubeck, Almanya) ile deney düzeneği oluşturuldu (Resim 1).

- 1- Anestezi cihazı.
- 2- Anestezik gaz modülü.
- 3- CO₂ tüpü.
- 4- CO₂ akımölçer.
- 5- HP monitör.
- 6- Anestezi devreleri.
- 7- Test akciğeri.

DENEY DÜZENEGİ

Klinik koşulları taklit etmek amacıyla solunum devresine eklenen test akciğeri (*Siemens, 1 L, Test Lung, Almanya*) içine önceki çalışmalardaki gibi akım ölçer (*Sechrist, Oxygen-Air Blender Module 9451,*



RESİM 1: Deneysel düzeneği.

(Renkli hali için Bkz. <http://anestezi.turkiyeklinikleri.com/>)

Michigan-ABD) ile 200 mL/dk CO₂ verildi.⁷⁻¹² Anestezi cihazı; tidal volüm (TV) 500 mL, solunum frekansı (SF): 10/dk, inspirasyon/ ekspirasyon (I/E) oranı: 1:2, taze gaz akımı (TGA): 4 Lt/dk, %50 N₂O/O₂ olacak şekilde ayarlandı. İki kanisterden üstteki CO₂ absorbanı olarak 1000 g taze Drägerorb 800 Plus (*Dräger, Luebeck, Almanya*) ile dolduruldu. Alttaki kanisterin içine dijital “sıcaklık ve nem ölçer”i (*WS8610R, Precision Sensor, La Crosse, İsveçre*) yerleştirmek için boş bırakıldı. Çalışmada kullanılan CO ölçüm cihazı (*Impulsepro, Zellweger analytics inc. ABD/Kanada*) ve anestezik gaz modülleri (AGM) (*Hewlett-Packard GmbH, ABD*) çalışmadan önce kalibre edildi.

Çalışma tamamlanana kadar 3 anestezi cihazı ile rutin klinik pratikte kullandığımız gibi, 12 saat/gün anestezi uygulanması (1 saat anestezi+0,5 saat temizlik ve hazırlık için bekleme periyotları), 12 saat/gün bekleme periyotları planlandı.

APSF standartları uygulanan grupta (grup A) (n=6); Yarım saatlik bekleme dönemlerinde absorbanın kurummasını önlemek amacıyla anestezi cihazının oksijen akımı kapatılarak 150 mL/dk bazal oksijen uygulanmasına izin verildi. On iki saatlik bekleme dönemlerinde anestezi cihazı tamamen kapatılıp solunum devreleri çıkarıldı.

APSF standartları uygulanmayan grupta (grup B) (n=6); Yarım saatlik aralarda ve 12 saatlik bekleme dönemlerinde anestezi cihazı kapatılmayıp 6 L/dk oksijenin sistemden geçmesine ve absorbanın oksijen ile kurummasına izin verildi.

Her iki grupta çalışmaya %3 sevofluran ile başlandı ve End-Tidal Sevofluran (ET_{Sevo}) düzeyi %2,1, End-tidal karbondioksit (ET_{CO_2}): 30-36 mmHg olacak şekilde sürdürüldü.^{7,13-16}

İnspire edilen minimum karbondioksit ($IMCO_2$) düzeyleri, HP monitöründen sürekli olarak izlendi. CO düzeyi (parts per million=ppm) solunum devresi üzerindeki Y parçasından ölçülerek her saat kaydedildi. Dijital sıcaklık ve nem ölçer ile sistemin sıcaklık ve nem değişiklikleri sürekli ölçülerek bilgisayar ortamında “data recorder” programı yardımıyla 30’ar dakikalık aralıklarla kaydedildi. Saatte bir absorban ağırlığı dijital ağırlık ölçer (Mettler Toledo, PB3001, Monobloc Inside, İsviçre) ile tartıldı.

Absorbanda oluşan renk değişikliği her saat Sony dijital fotoğraf makinası (7,2 Mp, Model No: DSC-W 35, Çin) ile kaydedildi. Fotoğrafların bilgisayar ortamında analizleri yapıldı. Mor renge dönen absorbanın % değerleri hesaplandı.

CO_2 absorbanının solunum devresinden gelen CO_2 ’i tutmada yetersiz kaldığı ($IMCO_2=2$ mmHg olduğunda) zaman absorban ömrünün tükendiği zaman olarak alındı ve çalışma durduruldu.^{10,17} Her iki grupta anestezi uygulanan toplam süreler absorban kullanım süresi olarak kaydedildi.

RENK DEĞİŞİMİ ANALİZİ

Alınan 3072 x 2304 piksel resimler MediScope (MediScope software by Mustafa Şakar) görüntü analizi yazılımı yardımıyla işlendi. Elle seçilen ilgili alana [region of interest (ROI)] 9x9 yapısında Gauss filtresi ($\sigma=3$) uygulanarak görüntü üzerindeki ayrıntılar temizlendi.¹⁸ Parçacık dağılımı ortalama 17 piksel olarak tespit edildi. Parçacıkların kenarlarına yakın bölgelerden arka plana ait karanlık pikselleri ayıklamak için 17x17 yapısında morfolojik yaklaşım (Morphological closing) algoritması uygulandı.^{19,20} Renklerin Hue alanı dağılımı RGB alanı dağılımından daha anlamlı olduğu için eşik değer, isodata metodu ile Hue histogramından elde edildi.²¹ Eşik değerinin altında kalan bölgeler kırmızı, üstünde kalan bölgeler ise beyaz olarak işaretlendi. Kırmızı ve beyaz alanların yüzde oranları hesaplandı.

İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Deneysel ortamda yapılan benzer çalışmaların çoğunda n=6 olarak alındığından biz de çalışmamızda n=6 olarak aldık.²²⁻²⁶ Elde edilen veriler SPSS 11.0 programına (SPSS Inc, Chicago, ABD) yüklendi. Gruplar arası ortalamaların ($ort\pm sd$) karşılaştırmalarında Mann Whitney-U testi, grupların kendi içindeki değişimlerinin ($ort\pm sd$) karşılaştırmasında Wilcoxon Sign(ed) Rank(s) testi kullanıldı. $p<0,05$ anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Merkezi Ameliyathanesinde klinik koşullarımızın taklit edildiği deneysel araştırmada her iki grupta 6’şar olmak üzere toplam 12 deney gerçekleştirildi.

ABSORBANIN TÜKENME SÜRESİ

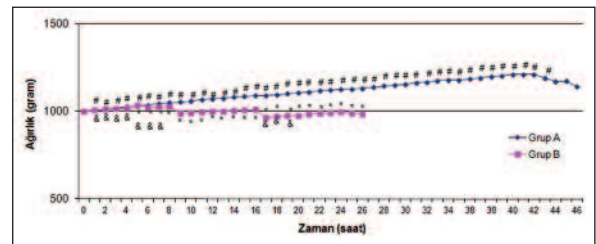
APSF önerilerine uyulduğunda absorban ömrünün daha uzun ($43,16\pm 1,94$ saat, $25,33\pm 0,81$ saat) olduğu saptandı ($p=0,004$).

ABSORBANIN AĞIRLIĞI

Absorban ağırlığının, Grup A’da çalışma süresince doğrusal bir artış gösterdiği, iki grup arasındaki farkın 5. saatten itibaren anlamlı olduğu saptandı ($p<0,05$) (Şekil 1).

NEM ORANI

Başlangıçta %40 civarında olan kanister neminin grup A’da 2. saatten itibaren %60-80 arasında yükseldiği ($p<0,05$), grup B’de ise 4. saatten sonra azal-



ŞEKİL 1: Absorbanın ağırlık değişimi.

*: $p<0,05$ iki grup karşılaştırıldığında,

#: $p<0,05$ Bazal değere göre grup içi değişim.

&: $p<0,05$ Bazal değere göre grup içi değişim.

(Renkli hali için Bkz. <http://anestezi.turkiyeklinikleri.com>)

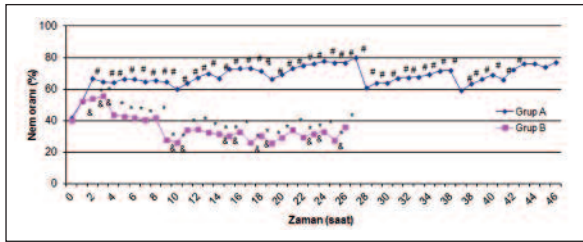
dığı gözlemlendi (Şekil 2). İki grup karşılaştırıldığında nem oranının 3. saatten itibaren, grup A'da grup B'den anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ($p<0,05$).

SICAKLIK DEĞİŞİMİ

Grup A'da çalışma süresince sıcaklığın bazal absorban ısısına göre yüksek seyrettiği izlendi ($p<0,05$) (Şekil 3). Grup B'de ise sıcaklık bazal değerlerin altında seyretti. İki grup karşılaştırıldığında ilk 4 saat'lik değerler birbirine yakın seyrederken, 5. saatten itibaren grup A'daki sistem sıcaklığının daha yüksek seyrettiği gözlemlendi ($p<0,05$).

RENK DEĞİŞİMİ

Absorban tükendiğinde ($IMCO_2=2$) grup A'da renk değişimi yüzdesinin (%31,95±5,81, %42,60±9,75) daha düşük olduğu, ancak iki grup arasındaki farkın anlamlı olmadığı saptandı (Resim 2).



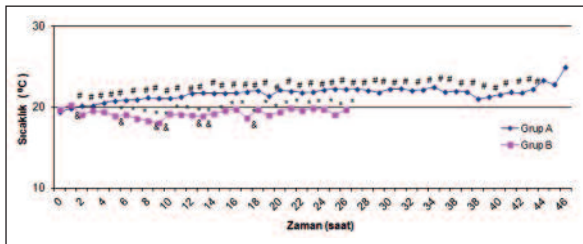
ŞEKİL 2: Absorbanın nem oranının değişimi.

*: $p<0,05$ iki grup karşılaştırıldığında,

#: $p<0,05$ Bazal değere göre grup içi değişim.

&: $p<0,05$ Bazal değere göre grup içi değişim.

(Renkli hali için Bkz. <http://anestezi.turkiyeklinikleri.com/>)



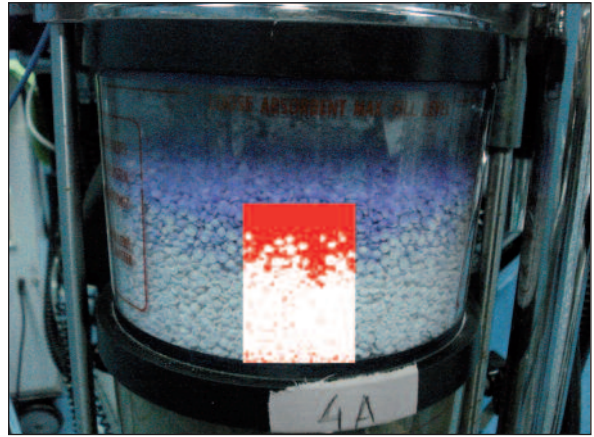
ŞEKİL 3: Absorban ısısının değişimi.

*: $p<0,05$ iki grup karşılaştırıldığında,

#: $p<0,05$ Bazal değere göre grup içi değişim.

&: $p<0,05$ Bazal değere göre grup içi değişim.

(Renkli hali için Bkz. <http://anestezi.turkiyeklinikleri.com/>)



RESİM 2: Absorbanın renk değişimi.

(Renkli hali için Bkz. <http://anestezi.turkiyeklinikleri.com/>)

TARTIŞMA

İdeal bir CO_2 absorbanının; inhalasyon anestezi-leriyle etkileşmemesi, toksik olmaması, hava akımına direncinin düşük olması, kolay taşınması, maliyet etkin olması istenir.^{5,27} Son yıllarda yapılan klinik ve deneysel çalışmalarda absorbanlardan kaynaklanan tehlikeler büyük oranda belirlenmiştir.^{2,7-9,13,22,28-33} Bu verilerin ışığında absorbanların kullanımı ile ilgili APSF konferansı önerileri 2005'te yayımlanmıştır.⁶ Bu önerilerden en önemlisi absorbanın kurumasının önlenmesidir. Anestezi ekibinin en tehlikeli hatalarından biri; (iki ameliyat arasında, akşamları veya hafta sonu) anestezi cihazının açık bırakılması sonucu kuru oksijen sunumunun devam etmesi nedeni ile CO_2 absorbanının kurumasıdır. Çalışmamız, klinik ortamda sık yapılabilen bu hatalı kullanımın etkilerini araştırmaya yöneliktir.

Absorbanların kullanım süresi ($IMCO_2=2$ mmHg oluncaya kadar geçen süre) kullanılan absorbanın miktarı, içeriği ve yüzey alanının genişliğinden, kanister ortamının sıcaklık ve neminden, TGA hızından, hastanın ürettiği CO_2 miktarından vb. etkilenmektedir.^{18,23,25,31} Bu parametrelerin tümünün klinik ortamda standardize edilmesi zor olduğundan çalışmamız klinik ortamın simüle edilmesiyle deneysel olarak planlanmıştır.

Düşük TGA kullanılan ve absorbanın tükenme kriteri olarak; $IMCO_2=1$ olması baz alınarak yapılan klinik bir çalışmada; Dräger sorb 800 plus'ın

kullanım süresinin 33,1 saat olduğu bildirilmiştir.²⁷ 4 L/dk TGA ile 1 L sodalime 43-62 saat etkili olurken, 0,5 L/dk TGA ile 1 L sodalime'in etkinliğinin 10-15 saat olduğu tespit edilmiştir.³¹

Tam kuruyan absorbanın absorpsiyon kapasitesinin dramatik olarak düştüğü ve inspire edilen havayı yeterli derecede nemlendiremediği bilinmektedir.¹² Bizim sonuçlarımız bu çalışmaların sonuçlarıyla paraleldir. Çalışmamızda APSF önerilerine uyulan grupta absorban tükenme süresi (43,16 SS saat), grup B'ye göre (25,33 SS saat) belirgin olarak daha uzun bulundu ($p=0,004$). Absorbanların kurummasının saptanmasında kabul edilmiş bir standart yoktur.⁴ Çalışmamızda nemlenme kriteri olarak 2 parametre dikkate alınmıştır. Bunlardan biri absorbanın ağırlık değişimi, diğeri de anestezi devrelerindeki nem oranıdır. Drägersorb 800 plus taze iken %16 nem içermektedir.⁶ APSF önerilerine uyulan grupta 1000 g absorbanın düzenli bir eğimle %25'e varan ağırlık artışı saptanırken, grup B'de, absorban ağırlığının ortalama 950 g'a kadar indiği saptanmıştır. Bu bize nem üretiminin azalmasının ötesinde absorbanın bağıl nemini kaybetmeye başladığını göstermektedir.

Klinik rutinde CO₂ absorbanlarının anestezi cihazındaki TGA'ya maruz kalma ile ne zaman kuruyacağını saptanması zordur.⁹ Deneysel bir çalışmada absorbanda tam kuruma sağlanabilmesi için 15 L/dk O₂ akımının, 7 gün boyunca verilmesi gerektiği bildirilmiştir.⁷ Bizim çalışmamızda grup B'deki absorbanın toplam olarak 48,3 saatlik 6 L/dk kuru oksijene maruz kalması tam kuruma için yeterli değildir. Absorbanın nemini etkileyen diğer bir etmen CO₂ ile absorbanın etkileşmesine bağlı oluşan su miktarıdır.^{12,23} Çalışmamızın başlangıcında %40 civarında olan solunum devresi neminin grup A'da %60-80, grup B'de ise %20-40 aralığında olduğu gözlenmektedir. Grup B'deki azalmada en önemli etmenin 6 L/dk kuru oksijen akımı olduğu düşünülmüştür. Bulgularımız kuru oksijen akımının absorbanın ağırlığının yanında, ortamın nemini de azalttığını göstermektedir. Bu sonuç, klinik uygulamalarda hasta akciğerinin nem kaybı açısından önemlidir.

CO₂ absorpsiyonu absorban ile gerçekleşen reaksiyon sonucu dış ortama ısı veren ekzotermik bir

süreçtir.³⁴ Sıcaklık artışı; absorbanın güçlü baz içeriğine, nemine, kullanılan anestezi ajanına, TGA hızına bağlıdır.²⁶ Kuru absorbanın sevofluran ile etkileşiminin, anestezi devresinde yangına ve hastada ciddi zararlara yol açabileceği bildirilmiştir.²⁶ Klinik koşullarda gazlar hasta tarafından absorbe edildiği için gaz yoğunluklarının düşmesi yangın oluşumunu önlemektedir.⁷ Keijzer ve ark. hasta modelini taklit ederek yaptıkları bir çalışmada, ağırlığı sabit olana kadar kurutulan taze Drägersorb 800 plus kullanarak 3 saat boyunca sürekli sıcaklık ölçümü yapmışlardır.³⁵ Sevofluran ile taze absorban kullanıldığında ortam sıcaklığının 23,5°C'den 28,3°C'ye, kuru absorban kullanıldığında 26°C'den 67,7°C'ye yükseldiğini bildirmişlerdir.³⁵ Çalışmamızda, TGA hızının 4 L/dk olması, taze Drägersorb 800 plus kullanılması sonucunda sıcaklık Grup A'da 19,4-25°C aralığında izlenmiştir.

Grup B'de anestezi verilmeyen dönemlerde sistemden 6 L/dk oksijen geçirilmesi, sıcaklığın bazal değerinin altında seyretmesine neden olmuştur. Tam kuruma gerçekleştirilmediği için daha yüksek sıcaklık artışları izlenmemiştir.

CO oluşumu; kullanılan inhalasyon ajanına ve konsantrasyonuna, absorbanın cinsine, ortamın sıcaklık ve nemine, TGA'ya bağlıdır.^{3,4,7,13,28,33,34,36,37} CO oluşumunda en çok suçlanan maddeler KOH ve NaOH'dir.^{16,34} CO üretimi KOH miktarı fazla olan Baralyme'da, sodalime'dan fazladır.⁶ Sevofluranın kuru absorbanla reaksiyonu ekzotermiktir, ısı arttıkça yıkım da hızlanarak CO üretimi artmaktadır.³⁸ Sevofluranın indirgenmesiyle anlamlı CO üretimi, reaksiyon ısısı 50-80°C'yi aşınca görülmektedir.^{23,38-40} Düşük akımlı anestezi, absorbanın nemini daha iyi korur ve CO oluşumunu engeller.²⁶ Aksine, yüksek TGA CO₂ absorpsiyonuyla oluşan su miktarını azaltır ve absorbanı kurutarak CO oluşumunu artırır.^{4,15,26,34} Çalışmamızda KOH miktarı çok düşük olan (%0,003) Drägersorb 800 plus kullanılması, CO oluşumuna en az yol açan ajan olan sevofluranın kullanılması, sistem sıcaklığının kritik seviyeye yükselmemesi gibi nedenlerle ölçülebilir düzeyde CO oluşmamıştır.

Taze absorban beyaz renktedir. Absorbanın CO₂ ile reaksiyonu sonucu pH'ı kritik sınırın altına ($pH<10,3$) inerek mor renge dönüşür.³⁷ Oluşan mor

renk, absorban kullanılmadığında NaOH ve KOH'un rejenere olması, floresan ışığına maruz kalması sonucu ilk renge döner. ^{7,16,40} Çalışmamızda absorban tükendiğinde kısmi kurumunun da etkisiyle grup B'de daha fazla mor renk oluştuğu gözlemlendi. Ancak iki grup arasındaki farkın anlamlı olmaması ve dıştan bakıldığında <%50'nin altında bir morarma saptanmasına rağmen IMCO₂'nin 2 mmHg düzeyine ulaşması bize renk değişimi yerine IMCO₂ düzeyinin izlenmesinin daha doğru bir gösterge olduğunu düşündürdü.

Üretici firmaların; uzun etkili, yan etkileri daha az, inhalasyon ajanlarıyla etkileşmeyen, daha güvenli absorban arayışları sürmektedir. Bu amaçla absorbanların bileşiminde bulunan ve yan etkilere neden olan KOH çıkarılmış ve NaOH düzeyi minimize edilmiş, rengi değişen absorbanın tekrar ilk rengine dönmelerini önleyen endikatörler eklenmiştir. Teknolojideki bu gelişmelerin yanı sıra absorban kullanımında insan hataları halen önemli sorunlardan biri olmaya devam etmektedir. Bu nedenle, klinik kullanımda yapılan en önemli hatalardan biri olan oksijen akımının iki olgu arasında ve/veya akşamları açık bırakılması absorbanlarda

ciddi kurumlara neden olmaktadır. Absorbanlarda oluşan kuruma; anestezi cihazında yangınlara ve CO, bileşik A-E, alkol vb. gibi maddelerin üretime yol açabilmektedir.

Çalışmamızda absorban kullanımında APSF önerilerine uyulması sonucu; absorban kurummasının engellediği, absorban kullanım süresinin yaklaşık %50 uzatılabildiği, sistemin sıcaklık ve nem düzeylerinin daha iyi korunduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca renk değişiminin absorbanın tükenmesinde tek başına yeterli bir gösterge olmadığı, IMCO₂ düzeyinin izlenmesinin daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

Klinik uygulamalarda absorban kullanım kılavuzlarının oluşturulması ve APSF'nin önerilerine uyulmasının daha güvenli ve ekonomik olacağı kanaatine varılmıştır.

Teşekkür

Araştırmanın planlanması ve sonuçlandırılması aşamalarında verilerin değerlendirilmesi ve istatistiğinin yapılmasında verdiği emek için DEÜTF Halk Sağlığı AD Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr. Gül ERGÖR'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Schober P, Loer SA. Closed system anaesthesia—historical aspects and recent developments. *Eur J Anaesthesiol* 2006;23(11):914-20.
- Knolle E, Linert W, Gilly H. The color change in CO₂ absorbents on drying: an in vitro study using moisture analysis. *Anesth Analg* 2003;97(1):151-5.
- Baum JA, Woehlick HJ. Interaction of inhalational anaesthetics with CO₂ absorbents. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2003;17(1):63-76.
- Mirakhor RK. Carbon dioxide absorption during anaesthesia. *Royal College of Anaesthetists Newsletter* 2000;50(3):287-9.
- Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK. CO₂ absorbents. In: Brown B, Dernoski DT, eds. *Clinical Anaesthesia*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2006. p.1-6.
- Olympio MA. Carbon dioxide absorbents desiccation safety conference convened by APSF. *Newsletter* 2005;20(2):25-44.
- Holak EJ, Mei DA, Dunning MB 3rd, Gundamraj R, Noseir R, Zhang L, et al. Carbon monoxide production from sevoflurane breakdown: modeling of exposures under clinical conditions. *Anesth Analg* 2003;96(3):757-64.
- Laster MJ, Eger EI 2nd. Temperatures in soda lime during degradation of desflurane, isoflurane, and sevoflurane by desiccated soda lime. *Anesth Analg* 2005;101(3):753-7.
- Kobayashi S, Bito H, Katoh T, Sato S. Effect of humidity in the circuit on the CO₂ absorption capacity of Amsorb and Sodasorb II. *J Anesth* 2003;17(2):145-6.
- Kobayashi S, Bito H, Morita K, Katoh T, Sato S. Amsorb Plus and Drägerorb Free, two new-generation carbon dioxide absorbents that produce a low compound A concentration while providing sufficient CO₂ absorption capacity in simulated sevoflurane anaesthesia. *J Anesth* 2004;18(4):277-81.
- Laster M, Roth P, Eger EI 2nd. Fires from the interaction of anesthetics with desiccated absorbent. *Anesth Analg* 2004;99(3):769-74.
- Keijzer C, Perez RS, de Lange JJ. Carbon monoxide production from desflurane and six types of carbon dioxide absorbents in a patient model. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49(6): 815-8.
- Coppens MJ, Versichelen LF, Rolly G, Mortier EP, Struys MM. The mechanisms of carbon monoxide production by inhalational agents. *Anaesthesia* 2006;61(5):462-8.
- Versichelen LF, Bouche MP, Rolly G, Van Bocxlaer JF, Struys MM, De Leenheer AP, et al. Only carbon dioxide absorbents free of both NaOH and KOH do not generate compound A during in vitro closed-system sevoflurane: evaluation of five absorbents. *Anesthesiology* 2001;95(3):750-5.
- Kobayashi S, Bito H, Obata Y, Katoh T, Sato S. Compound A concentration in the circle absorber system during low-flow sevoflurane anaesthesia: comparison of Drägerorb Free, Amsorb, and Sodasorb II. *J Clin Anesth* 2003;15(1):33-7.

16. Baum J, Sachs G, vd Driesch C, Stanke HG. Carbon monoxide generation in carbon dioxide absorbents. *Anesth Analg* 1995;81(1):144-6.
17. Higuchi H, Adachi Y, Arimura S, Kanno M, Satoh T. The carbon dioxide absorption capacity of Amsorb is half that of soda lime. *Anesth Analg* 2001;93(1):221-5.
18. Russ JC. Databases for images. The Image Processing Handbook. 3rd ed. New York: CRC Press; 1999. p.165-73.
19. Serra J. Scene analysis. Image Analysis and Mathematical Morphology. 1st ed. London: Academic Press; 1982. p.184-5.
20. Vincent L. Morphological area openings and closings for grey-scale images. Proceedings of the Workshop "Shape in Picture." Driebergen: Springer-Verlag; 1992. p.197-208.
21. Dias Velasco FR. Thresholding using the ISO-DATA clustering algorithm. *IEEE Journals* 1980;10(11):771-4.
22. Struys MM, Bouche MP, Rolly G, Vandevivere YD, Dyzers D, Goeteyn W, et al. Production of compound A and carbon monoxide in circle systems: an in vitro comparison of two carbon dioxide absorbents. *Anaesthesia* 2004;59(6):584-9.
23. Strum DP, Eger EI 2nd. The degradation, absorption, and solubility of volatile anesthetics in soda lime depend on water content. *Anesth Analg* 1994;78(2):340-8.
24. Chen YH, Chen CL, Chung YT, Yeh LT, Lu KT, Lin CY. The valid time of soda lime could be safely prolonged according to the inspired pressure of carbon dioxide. *Acta Anaesthesiol Taiwan* 2004;42(4):199-202.
25. Mchaourab A, Arain SR, Ebert TJ. Lack of degradation of sevoflurane by a new carbon dioxide absorbent in humans. *Anesthesiology* 2001;94(6):1007-9.
26. Wu J, Previte JP, Adler E, Myers T, Ball J, Gunter JB. Spontaneous ignition, explosion, and fire with sevoflurane and barium hydroxide lime. *Anesthesiology* 2004;101(2):534-7.
27. Baum J, van Aken H. Calcium hydroxide lime-a new carbon dioxide absorbent: a rationale for judicious use of different absorbents. *Eur J Anaesthesiol* 2000;17(10):597-600.
28. Knolle E, Heinze G, Gilly H. Small carbon monoxide formation in absorbents does not correlate with small carbon dioxide absorption. *Anesth Analg* 2002;95(3):650-5.
29. Murray JM, Renfrew CW, Bedi A, McCrystal CB, Jones DS, Fee JP. Amsorb: a new carbon dioxide absorbent for use in anesthetic breathing systems. *Anesthesiology* 1999;91(5):1342-8.
30. Barth CD, Dunning MB 3rd, Bretscher L, Woehlck HJ. Barium hydroxide lime turns yellow after desiccation. *Anesth Analg* 2005;101(3): 748-52.
31. Hirabayashi G, Uchino H, Sagara T, Kakinuma T, Ogihara Y, Ishii N. Effects of temperature gradient correction of carbon dioxide absorbent on carbon dioxide absorption. *Br J Anaesth* 2006;97(4):571-5.
32. Keijzer C, Perez RS, De Lange JJ. Carbon monoxide production from five volatile anesthetics in dry soda lime in a patient model: halothane and sevoflurane do produce carbon monoxide; temperature is a poor predictor of carbon monoxide production. *BMC Anesthesiol* 2005;5(1):6.
33. Knolle E, Heinze G, Gilly H. Carbon monoxide formation in dry soda lime is prolonged at low gas flow. *Anesth Analg* 2001;93(2):488-93.
34. Knolle E, Linert W, Gilly H. Using amsorb to detect dehydration of CO₂ absorbents containing strong base. *Anesthesiology* 2002;97(2): 454-9.
35. Funk W, Gruber M, Wild K, Hobbahn J. Dry soda lime markedly degrades sevoflurane during simulated inhalation induction. *Br J Anaesth* 1999;82(2):193-8.
36. Woehlck HJ, Dunning M 3rd, Raza T, Ruiz F, Bolla B, Zink W. Physical factors affecting the production of carbon monoxide from anesthetic breakdown. *Anesthesiology* 2001;94(3): 453-6.
37. Tomatır E. [Breathing systems, technical features and function]. *Düşük Akımlı Anestezi*. 1. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2002. p.16-8.
38. Kayhan Z. [Equipment used in anesthesia]. *Klinik Anestezi*. 3. Baskı. İstanbul: Logos Yayıncılık; 2004. p.126-50.
39. Stachnik J. Inhaled anesthetic agents. *Am J Health Syst Pharm* 2006;63(7):623-34.
40. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ. Carbon dioxide absorbent. *Clinical Anaesthesiology*. 3rd ed. New York: The McGraw Hill Companies; 2002. p.33-4.