

TC.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON
ANABİLİM DALI

***DRÄGERSORB 800 PLUS'IN "ANESTEZİ HASTA
GÜVENLİĞİ KURULUŞU" ÖNERİLERİNE UYGUN
KULLANIMI İLE BU ÖNERİLERE UYULMAMASININ
ETKİLERİ :DENEYSEL BİR ÇALIŞMA***

DR. NİLAY BOZTAŞ

UZMANLIK TEZİ

İZMİR - 2007

TC.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON
ANABİLİM DALI

***DRÄGERSORB 800 PLUS'IN "ANESTEZİ HASTA
GÜVENLİĞİ KURULUŞU" ÖNERİLERİNE UYGUN
KULLANIMI İLE BU ÖNERİLERE UYULMAMASININ
ETKİLERİ :DENEYSEL BİR ÇALIŞMA***

UZMANLIK TEZİ

DR. NİLAY BOZTAŞ

Danışman Öğretim Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Aydın Taşdöğen

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
TABLO LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
RESİM LİSTESİ.....	iv
GRAFİK LİSTESİ	v
KISALTMALAR.....	vi
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
GİRİŞ.....	1
AMAÇ.....	2
GENEL BİLGİLER.....	3
I-SOLUNUM DEVRELERİ	3
Halka sistemi (Dairesel Sistem)	3
II-KARBONDİOKSİT ABSORBANLARI	5
III-ABSORBANLARIN CO ₂ ABSORBSİYON KAPASİTESİ	5
IV-CO ₂ ABSORBANLARININ RENK İNDİKATÖRLERİ	6
V-GÜNÜMÜZDE KULLANILAN CO ₂ ABSORBANLARI	7
Birinci kuşak absorbanlar.....	7
<i>Sodalime</i>	7
<i>Baralyme</i>	9
İkinci kuşak absorbanlar	9
<i>Drägersorb 800 plus</i>	9
Üçüncü kuşak absorbanlar	10
Üzerinde çalışılan en son absorban.....	11
VI-CO ₂ ABSORBANLARININ İSTENMEYEN ETKİLERİ	11
İnhalasyon anesteziplerinin tutulumu ve indirgenmesi	11
Metanol, formaldehid, formik asit oluşumu	12
Sıcaklık artışı	13
Bileşik A-E oluşumu.....	13
CO oluşumu.....	13
VIII-ABSORBANLARIN İSTENMEYEN ETKİLERİNİN AZALTILMASI	
STRATEJİLERİ.....	15

IX-ABSORBANLARIN KLİNİĞİMİZDE KULLANIMI	16
CO ₂ absorbanlarının değiştirilmesi anketi.....	16
GEREÇ VE YÖNTEM.....	18
Renk değiştirme analizi.....	19
İstatistiksel analizler.....	22
BULGULAR	23
Absorbanın tükenme süresi	23
Absorbanın ağırlığı	23
Nem oranı	24
Sıcaklık değişimi	25
Renk değişimi	25
TARTIŞMA	27
SONUÇ VE ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	33
ÇALIŞMA PROTOKOLÜ	37
ETİK KURUL İZİN BELGESİ	39

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım hocalarım; Sayın Prof. Dr. Zahide ELAR, Sayın Prof. Dr. Emel SAĞIROĞLU, Sayın Prof. Dr. Ali GÜNERLİ, Sayın Prof. Dr. Atalay ARKAN, Sayın Prof. Dr. Erol GÖKEL'e,

Tez araştırmamı destekleyen, tüm aşamalarında katkı ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Aydın TAŞDÖĞEN'e,

Tez araştırmamın yapımı sırasında katkı ve yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. E. E. Müh. Mustafa ŞAKAR'a,

Tez araştırmamı yapmaya başladığım ilk günden bitimine kadar yardımlarını esirgemeyen Dr. Refika OKUYUCU ve Dr. Merih Y. EGLER'e,

Tez araştırmamda bana yardımcı olan Biyokimya Anabilim Dalı Bölümünden Doç. Dr. Nilgün YENER'e,

Asistanlığım süresince birlikte çalıştığım, eğitimime katkıda bulunan bölümümüzün tüm öğretim üyeleri ve uzmanlarına,

Asistanlık döneminin heyecanını, stresini ve güzelliklerini paylaştığımız tüm asistan arkadaşlarıma,

Anestezi teknikeri arkadaşlarıma, ameliyathane, yoğun bakım, derlenme ünitesi, ağrı ünitesi, gündüz hastanesi hemşire ve bölüm sekreterlerine ve tanıma fırsatı bulduğum tüm hastane çalışanlarına,

Hayatım boyunca benden desteğini, sevgisini ve sabrını esirgemeyen aileme,

Sonsuz sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

Dr. Nilay BOZTAŞ

TABLO LİSTESİ

Tablo No	Başlık	Sayfa No
1	Günümüzde kullanılan absorbanlar ve içerikleri	8
2	İki grupta kullanılan absorbanın tükenme süresi	23
3	Absorbanın tükenme anındaki renk değişim oranı	25

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Başlık	Sayfa No
1	Halka sisteminin bileşenleri.....	4
2	Etil-viyole'nin renk değişimi.....	6
3	Sevofluranın indirgenmesi	12

RESİM LİSTESİ

Resim No	Başlık	Sayfa No
1	Anestezi cihazı (NAD2C) absorber ünitesi.....	4
2	Deney düzeneği.....	20
3	CO ölçüm cihazı	20
4	Anestezik gaz modülü.....	20
5	Test akciğeri	21
6	<i>Drägersorb 800 plus</i>	21
7	Akımölçer.....	21
8	Tartı	21
9	Dijital ısı ve nem ölçer.....	21
10	Absorbanın renk değişimi	26
11	Absorbandaki renk değişiminin kesiti.....	26

GRAFİK LİSTESİ

Grafik No	Başlık	Sayfa No
1	İki grupta kullanılan absorbanın ağırlığının değişimi	24
2	İki grupta kullanılan absorbanın nem oranının değişimi	24
3	İki grupta kullanılan absorbanın ısısının zamana göre değişimi	25

KISALTMALAR

APSF	Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluğu (<i>Anesthesia Patient Safety Foundation</i>)
CO ₂	Karbondioksit
KOH	Potasyum hidroksit
CO	Karbonmonoksit
APL valvi	Ayarlanabilir basınç sınırlayıcı valf (<i>Adjustable Pressure Limiter Valve</i>)
B	Balon
V	Ventilatör
Na ⁺	Sodyum
K ⁺	Potasyum
Ba ⁺	Baryum
Ca ⁺	Kalsiyum
OH ⁻	Hidroksil
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
H ₂ O	Su
NaOH	Sodyum hidroksit
Kcal	Kilokalori
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
Ca(SO) ₄	Kalsiyum sülfat
IMCO ₂	İnspire edilen minimum karbondioksit (<i>Inspired Minimum Carbondioxide</i>)
mmHg	Milimetre civa
dk	Dakika
Li(OH)	Lityum hidroksit
P _a CO ₂	Parsiye arteriyel karbondioksit basıncı
g	Gram
L	Litre
mL	Mililitre
TGA	Taze gaz akımı
-CHF ₂	Diflorometoksi grubu
COHb	Karboksihemoglobin

°C	Santigrad derece
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (<i>Food and Drug Administration</i>)
MAC	Minimum alveolar konsantrasyon
ppm	Milyonda bir birim (<i>parts per million=ppm</i>)
cmH ₂ O	Santimetre su
TV	Tidal volüm
SF	Solunum frekansı
I / E	İnspirasyon / ekspirasyon
ET _{Sevo}	<i>End-tidal</i> sevofluran
ETCO ₂	<i>End-tidal</i> karbondioksit
O ₂	Oksijen

ÖZET

DRÄGERSORB 800 PLUS'IN "ANESTEZİ HASTA GÜVENLİĞİ KURULUŞU" ÖNERİLERİNE UYGUN KULLANIMI İLE BU ÖNERİLERE UYULMAMASININ ETKİLERİ :DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Dr. Nilay Boztaş, DEÜTF Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD, İzmir / Türkiye

Amaç: Karbondioksit(CO₂) absorbanı olarak kullandığımız *Drägersorb 800 plus*'in "Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu'nun"(APSF) önerilerine uygun kullanımı ile uygun kullanılmamasının etkilerinin deneysel olarak araştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Çalışma, DEÜ Tıp Fakültesi "Klinik ve Laboratuvar Araştırmaları Etik Kurulu" onayı alındıktan sonra gerçekleştirildi. Klinik koşullarımızı taklit etmek amacıyla anestezi cihazına eklenen test akciğeri içine 200 mL/dk CO₂ verildi. Absorban olarak 1000 g taze *Drägersorb 800 plus* kullanıldı. 12 saat anestezi (4 L/dk akım hızıyla %2.1 sevofluran, %50 O₂/N₂O ile 1 saat anestezi, 0.5 saat ara), 12 saat bekleme süresi periyotları uygulandı. APSF önerilerine uyularak absorbanın kurumasının önlendiği Grup A'da (n=6): 0.5 saatlik aralarda 150 mL/dk oksijen uygulandı. 12 saatlik aralarda anestezi devreleri kaldırıldı. APSF önerilerine uyulmayan Grup B'de (n=6): 0.5 saatlik aralarda ve 12 saatlik bekleme periyodunda 6 L/dk oksijen verilmeye devam edildi. Inspire edilen minimum karbondioksit (IMCO₂)=2 mmHg'ya ulaşınca çalışmalar durduruldu. IMCO₂'nin 1 ve 2 mmHg (tükenme süresi) olma süreleri, ağırlığı, sistemin nemi ve sıcaklığı, renk değişimi, karbon monoksit düzeyi her saat kaydedildi.

Bulgular: IMCO₂'nin 1 ve 2 olma süreleri Grup A'da (40±1.09, 43.16±1.94 saat), Grup B'ye (22.5±1.87, 25.33±0.81 saat) göre anlamlı olarak yüksek bulundu ($p=0.004$). Absorban ağırlığında Grup A'da diğer gruba göre istatistiksel olarak anlamlı artış saptandı ($p<0.05$). Grup A'da nemlenmenin ve sıcaklık artışının daha fazla olduğu izlendi ($p<0.05$). Absorban tükendiğinde, Grup A'da daha az morarma görüldü ($p=0.055$). Her iki grupta karbon monoksit saptanmadı.

Sonuç ve öneriler:

APSF'nin önerilerine uyulmasının absorbanların tükenme süresini uzattığı, sistemin ısı ve neminin daha iyi sağlandığı sonucuna varıldı.

Klinik uygulamalarda APSF'nin önerilerine uyulması ve absorbanların daha bilinçli kullanılması ile yan etkilerin ve maliyetlerin azaltılabileceği düşünüldü.

Anahtar Kelimeler: Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu, Absorban, *Drägersorb 800 plus*

SUMMARY

THE EFFECTS OF DRÄGERSORB 800 PLUS WHEN USED ACCORDING TO THE ANESTHESIA PATIENT SAFETY FACILITY: AN EXPERIMENTALLY INVESTIGATION

PURPOSE: We aimed to compare the effects of using the carbondioxide absorbent *Dragersorb 800 plus* according to APSF recommendations or not.

MATERIAL AND METHOD: DEU Medical School Clinical and Laboratory Researchs Ethical Board approved this study. To mimic the clinical conditions 200 ml/min. CO₂ was given into the test lung. Fresh Dräger sorb 800 plus was used as absorbent.

12 hours of anesthesia (sevofluran with 4 L/min. flow rate, 50 %O₂/N₂O one hour anesthesia and 0.5 hour break) and 12 hours waiting periods were used. In Group A (n=6) 150 ml/min. O₂ was given during 0.5 hour periods. Anesthesia circuits were removed during the 12 hours waiting periods. In the group not following the recommendations (n=6) 6 L/min. O₂ was left open during 0.5 hour breaks and 12 hours waiting periods. Studies were stopped when IMCO₂ reached to 2 mmHg. The durations for IMCO₂ 1 and 2 mmHg, weight, humidity and temperature of the system, color changes, CO level were recorded each hour.

RESULTS: Exhausting times of absorbents in Group A were significantly higher composed to Group B ($p=0.004$)

Absorbent weight was statistically high in Group A significantly. Humidity and temperature increase was higher in Group A. For the absorbents change of color to violet was less frequent in Group A at the time of exhaustion. CO wasn't determined in any group.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS: Following the APSF recommendations increases the usage periods of absorbents, and temperature and humidity are more easily produced. Following the APSF recommendations and using the absorbents wisely will be more safe and lower the cost.

Key Words: Anaesthesia Patient Safety Foundation, Absorbent, Dräger sorb 800 plus,

GİRİŞ

Genel anestezi uygulamalarında en önemli sorunlardan birisi anestezi sisteminde karbondioksit (CO₂) birikmesidir. Bu nedenle sistemden CO₂'in uzaklaştırılması bir zorunluluktur. Anestezi tarihinde CO₂ absorpsiyonu ile ilgili çalışmalar 1900'lü yılların başlarına dayanır. Bu tarihlerde kireç suyu ve sodanın CO₂'i absorbe edici özellikleri araştırılmıştır. 1906'da Franz Kuhn, ekspire edilen gazlardan CO₂'i elimine etmek için potasyum hidroksit (KOH) içeren iki hazneli solunum sistemini tanımlamıştır. Ancak bu sistem KOH'in, kloroform ile etkileşip nörotoksik olan fosgen oluşturması nedeniyle klinik kullanıma girememiştir. 1915'te Wilson, etkinliği yüksek bir CO₂ absorbanı olan ve günümüzde halen kullanılmakta olan *sodalime*'ı elde etmiştir (1). *Sodalime*'dan sonra günümüze kadar içerdiği maddelerin cinsi ve yüzdesi değiştirilerek çeşitli absorbanlar geliştirilmiştir.

Son 10 yılda yapılan deneysel ve klinik araştırmalar CO₂ absorbanlarının, sistemin ısıtılması ve nemlendirilmesi gibi olumlu etkilerinin yanında birçok olumsuzlukları da beraberinde taşıdığını ortaya koymuştur (2-7).

İçerdiği nemi kaybeden absorbanlar, inhalasyon anestezikleri ile etkileşerek; toksik olan karbonmonoksit (CO), bileşik A-E, metanol, formaldehid, formik asit oluştururlar. Isı artışına bağlı yangın gelişebilir. Absorbanların, inhalasyon ajanlarını tutması ve indirgemesi ile anestezi düzeyinde yetersizlik ve maliyet artışlarına neden olabilirler (1, 8).

"Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu" (*Anesthesia Patient Safety Foundation-APSF*)' nun CO₂ absorbanlarının güvenliği konusundaki 2005 tarihli konferans raporunda "klinik kullanımda absorbanların kurumasının önlenmesi" için bir dizi karar yayımlanmıştır (9).

02/09/2006 tarihinde yaptığımız PubMed taramasında;

- 1- APSF'nin önerilerine uyulup uyulmamasının CO₂ absorbanları üzerine olan etkisini inceleyen herhangi bir deneysel veya klinik bir çalışma bulunamamıştır.
- 2- Yüksek akımlı (4 L/dk) anestezi kullanıldığında CO₂ absorbanı olan *drägersorb 800 plus*'ın tükenme süresi, ısı, nemi, renk değişimi ve CO üretimine etkilerini araştıran deneysel veya klinik bir çalışmaya rastlanmamıştır.

AMAÇ

Bu çalışmada amacımız, karbondioksit absorbanı olarak rutin uygulamada kullanmakta olduğumuz *Drägersorb 800 plus*'ın "Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu'nun" kurumanın önlenmesi konusundaki önerilerine uygun kullanımı ile bu önerilere uyulmamasının etkilerinin deneysel olarak araştırılmasıdır.

GENEL BİLGİLER

Genel anestezi uygulaması sırasında temel olarak anestezi cihazına, solunum devrelerine, monitörlere ihtiyaç vardır.

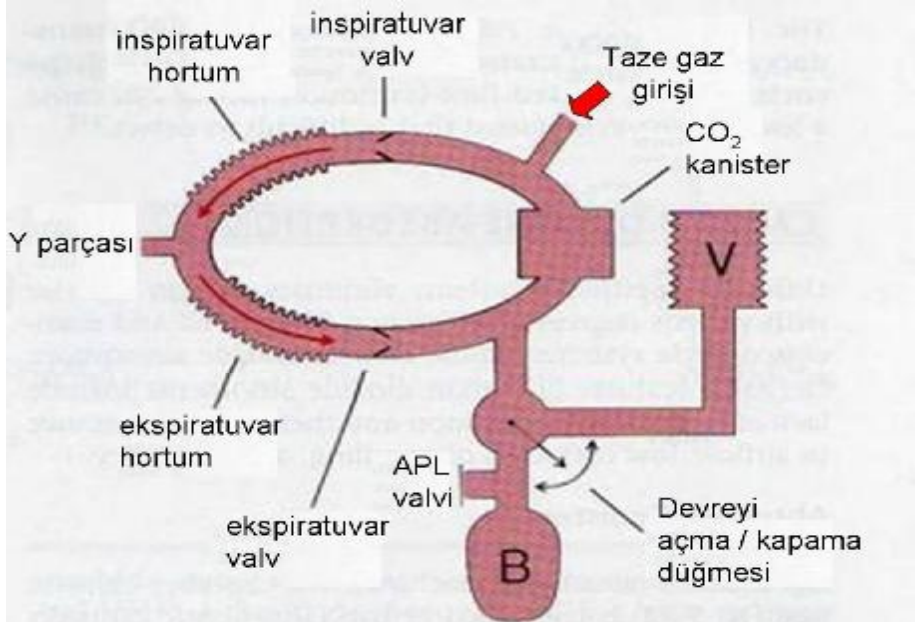
I-SOLUNUM DEVRELERİ;

Solunum devreleri; hastaya giden ve hastadan dönen gazın içinden geçtiği hortumlar, valfler, bağlantılar, rezervuar balon ve karbondioksit absorber'inden oluşan farklı kombinasyonlardaki sistemlerdir. Halka sistemi" en sık kullanılan solunum devresidir.

Halka sistemi (Dairesel Sistem)

Halka sistemi Şekil 1'de görüldüğü gibi yedi bileşenden oluşur (10):

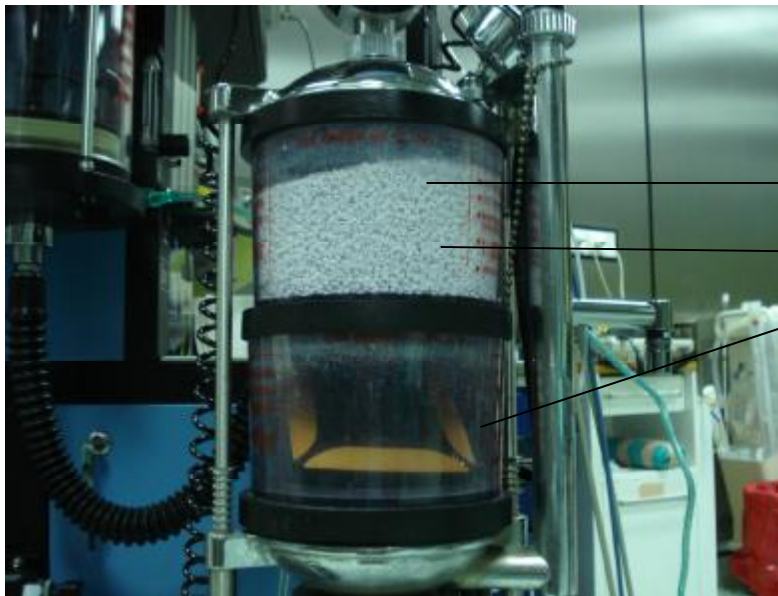
- 1-Taze gaz giriş kaynağı
- 2-Tek yönlü valfler (İnspiratuvar ve ekspiratuvar)
- 3- Hortumlar (İnspiratuvar ve ekspiratuvar)
- 4-Y bağlantısı
- 5-Kaçak valfi (*Adjustable Pressure Limiting valve*)
- 6-Rezervuar balonu
- 7-CO₂ absorber'i



Şekil 1. Halka sisteminin bileşenleri

B; Balon, V; Ventilatör APL valvi; kaçak valvi

CO₂ absorbanları, bir tavan ve bir taban kısmından oluşan metal parçalar arasına sıkıca yerleşen bir veya iki adet kanister içine yerleştirilmektedir. Bu ünitenin tümüne *absorber* adı verilmektedir (Resim1). Kanisterlerin hacmi değişik üreticiler tarafından 250-1000 mL arasında tasarlanmıştır. Kanisterler absorbanların korunmasını sağlar ve absorban tozlarının hasta tarafından inhalasyonunu engelleyen filtre sistemlerine sahiptir. Absorbanda oluşan renk değişiminin dışarıdan saptanabilmesine olanak veren saydam özellikte üretilmişlerdir (11).



Absorban

Kanister

Resim 1. Anestezi cihazı (Narkomed Dräger 2C) absorber ünitesi

II-KARBONDİOKSİT ABSORBANLARI

İlk inhalasyon anestezisi, Crawford W. Long tarafından 3 mart 1842'de açık sistemlerle eter kullanılarak gerçekleştirilmiştir (12). Bu solutma sistemlerinin temel özelliği anestezi gaz rezervuarının olmaması ve buna bağlı olarak, atmosfer havasının denetimsiz bir biçimde anestezi gazlara karışması ve hastaya verilen anestezi gaz konsantrasyonunun kontrol edilememesidir. Yarı-açık sistemlerde ise ekspire edilen gaz tümüyle sistem dışına atılırken, inspirasyonla alınan gaz, saf taze gazdır. Kullanılmadan sistem dışına atılan anestezi gaz miktarı taze gaz akımı ile orantılıdır. Bu sistemlerin dezavantajları; yoğun hava kirliliğine yol açması, gaz tüketiminin fazla ancak gerçekte kullanılan miktarın az olması, böylece maliyetin artması ve anestezi gazların ısıtılıp nemlendirilememesidir (10,12,13). Açık ve yarı-açık sistemlerin bu sakıncaları, yarı-kapalı ve kapalı sistemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır.

III-ABSORBANLARIN CO₂ ABSORPSİYON KAPASİTESİ

İki şekilde tarif edilmektedir; Birincisi; absorbanın CO₂ absorpsiyon kapasitesi, IMCO₂ basıncının 2 mmHg düzeyine ulaşması için gereken zamandır (14,15). İkincisi; 100 g absorbanın absorbe edebildiği litre olarak CO₂ miktarıdır (10).

Absorbanın tükenmesi; alkali hidroksitlerin karbonatlara dönüşerek CO₂ absorpsiyon kapasitesini yitirmesidir (7). Absorbanların kullanım süreleri; kullanılan absorbanın miktarından, içeriğinden, yüzey alanının genişliğinden, ısısından, neminden, hastanın ürettiği CO₂ miktarından ve taze gaz akımı (TGA) hızından etkilenmektedir (16).

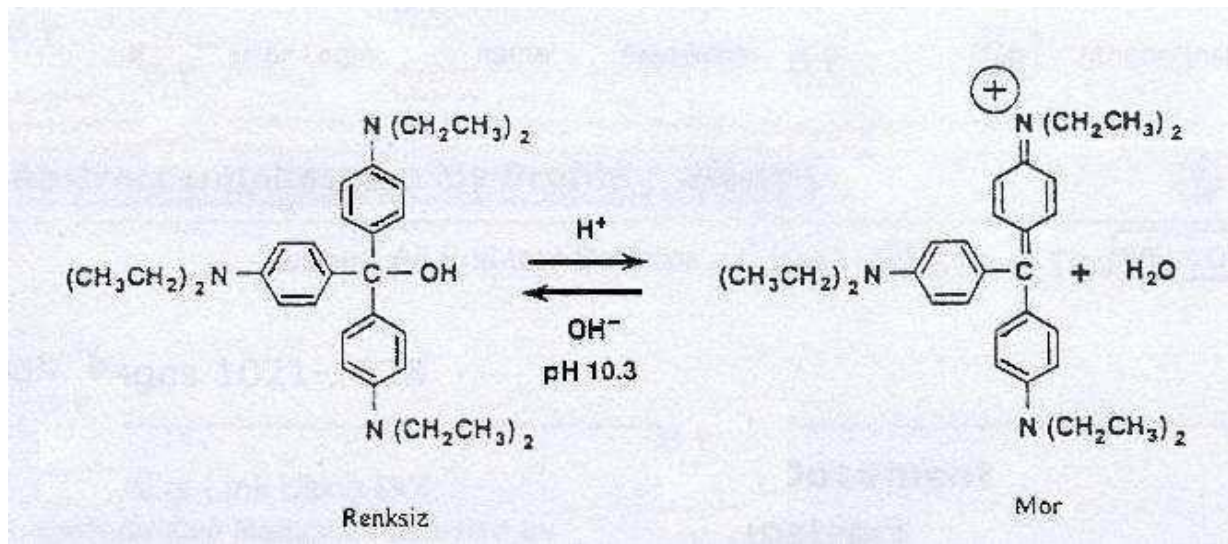
100 gr *sodalime*'ın 26 L (10), 100 gr CaOH lime'ın 10.2 L CO₂ absorbe ettiği (4) bildirilmiştir. Düşük TGA kullanılan bir klinik çalışmada, CO₂'i absorbe edebilme süresinin *amsorb plus*'da 19.6, *Drägersorb 800 plus*'da 33.1, *sofnolime*'da 29.2, *spherasorb*'da 33.4, *sodalime*'da 51.2 saat olduğu bildirilmiştir (17). Cato anestezi cihazı ile *drägersorb'un* CO₂'i absorbe edebilme süresi 0.5 L TGA ile 790 dk, 1 L ile 995 dak, 2 L ile 1230 dk bulunmuştur (18).

Absorbanların içerdiği güçlü bazların (NaOH, KOH) azaltılmasının, kullanım sürelerini azalttığı bilinmektedir (1,14). Güçlü baz içermeyen *amsorb ile amsorb plus* arasındaki fark granül büyüklüğünün farklı olmasından kaynaklanır ve *amsorb plus*'ın daha küçük granülleri CO₂ absorpsiyon kapasitesini artırır (14).

Tam kuruyan absorbanın absorpsiyon kapasitesi dramatik olarak düşer ve inspire edilen havayı yeterli derecede nemlendiremez (19).

IV-CO₂ ABSORBANLARININ RENK İNDİKATÖRLERİ

Absorbanlar içine asit veya alkalilerle renk değiştiren indikatörler eklenmektedir. En sık kullanılan indikatör etil-viyole'dir. Etil-viyole (CAS-2390-59-2) kritik pH'sı 10.3 olan bir triarilmetan boyadır. Kullanılan diğer indikatörler; *fenolftalein*, *clayton sarısı*, etil *orange*, *mimoza* vb dir (7,14,20). Bu indikatörler, hidroksitler nötralize olup karbonatlara dönüşükçe renk değiştirirler (Şekil 2).



Şekil 2. Etil-viyolenin renk değişimi (21)

Absorban taze iken (pH: 12) pH'ı kritik düzeyin (pH: 10.3) üzerindedir, beyaz renkteki absorbanın CO₂ ile reaksiyonu sonucu pH'ı düşer (pH<10.3) ve mor renge dönüşür. Absorbanın tamamen mor renk alması etkinliğini kaybettiğinin işaretidir. Ancak etil-viyole, absorbanın fonksiyonel durumunu her zaman göstermez. Absorban kullanılmadığında alkali hidroksitler rejenere olduğu için bu renk değişimi genellikle geri dönüşümlüdür. Etkinliğini kaybeden granüller kullanılmadan bekletildiklerinde orjinal renklerini yeniden kazanabilirler ancak absorpsiyon kapasitelerinde önemli bir düzelme görülmez. Floresan ışığının, renk indikatörünü inaktive etmesi sonucu absorban CO₂ absorbe edemez duruma gelse de beyaz renkte görünebilir (7).

Su kaybı olan kuruma ile CO₂ absorpsiyonunu gösteren tükenme birbirinden ayırdedilmelidir. Hem kuruma, hem de tükenme absorbanın renk değişimine sebep olur

(7). Absorbanda anlamlı renk değişiminin olmaması, absorbanın yeterli derecede hidrate olduğunu göstermez (9).

Güçlü baz içermeyen *amsorb plus*'ın renk değişimi geri dönüşümsüzdür. Buna karşın *drägersorb free*'nin mor rengi, absorban kullanılmadığında NaOH'in rejenere olması ile ortadan kalkarak beyaza dönüşür (14).

Klinik uygulamalarda absorbanların değiştirilmesi, renk değişimine göre yapılmaktadır. Bu metodun subjektif olduğu, klinikte sadece absorbanın renk değişimine bağlı kalınmayıp, hastanın CO₂ birikimi bulguları (kan basıncında önce yükselme, sonra düşme, nabızda hızlanma, solunumda derinleşme ve P_aCO₂'de artma, terleme) açısından da izlenmesi gerektiği bildirilmiştir (22).

V-GÜNÜMÜZDE KULLANILAN CO₂ ABSORBANLARI

CO₂ absorbanları; sodyum (Na⁺), potasyum (K⁺), baryum (Ba⁺) ve kalsiyum (Ca⁺)'un hidroksil (OH⁻) bileşikleri, kalsiyum klorür, kalsiyum sülfat, nem, silika, zeolit ve renk değişimini gösteren indikatörler içermektedir. Günümüze kadar bu bileşiklerin içerikleri ve miktarları değiştirilerek farklı isimlerde absorbanlar elde edilmiştir (Tablo 1).

1. kuşak absorbanlar:

Günümüze kadar en sık kullanılan ve üzerinde araştırma yapılan CO₂ absorbanları; *sodalime* ve *baralyme*'dir (10,13,20,23).

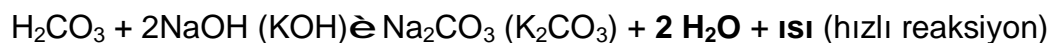
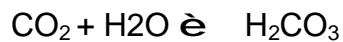
Sodalime

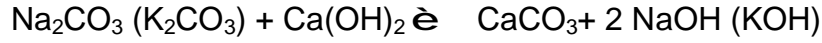
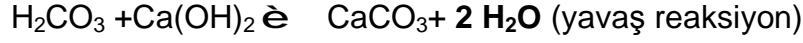
Sodalime % 80 kalsiyum hidroksit [Ca(OH)₂], % 15 su (H₂O), % 4 NaOH, % 1 KOH, % 0.2 silika içerir. Silika granüllerin sertliğini arttırıp, NaOH tozlarının inhalasyonunu azaltır (10,13,20).

Sodalime kendileri de porlu olan granüller halinde üretilmiştir. Böylece gazların içinden geçebileceği geniş bir absorpsiyon yüzeyi oluşturulmuştur. Anestezi pratiğinde 4-8 *mesh*'lik elekten geçebilen granüller kullanılmaktadır. Absorbanın granül çapı küçüldükçe absorpsiyon yüzeyi genişler. Ancak, bu durum hava akımına dirençi arttıracağı için sakıncalıdır (20).

Sodalime ile CO₂ absorpsiyonu fiziksel değil kimyasal bir süreçtir.

Sodalime içinde gerçekleşen kimyasal reaksiyon zinciri şu şekildedir:





Bu ekzotermik reaksiyon sırasında 1 mol su tüketilir, 1 mol CO₂ absorpsiyonu ile 2 mol su ve 13.7 kilokalori (kcal) ısı enerjisi açığa çıkar. Sonuç olarak hasta devresine verilen CO₂, absorban tarafından tutulurken sistemin nemlendirilmesi ve ısıtılması sağlanır (20,23).

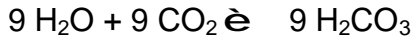
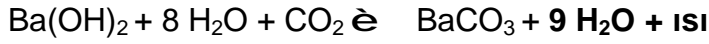
Tablo 1. Günümüzde kullanılan absorbanlar ve içerikleri (9):

Üretici şirket	Ürün adı	%H ₂ O	%NaOH	%KOH	%Ca(OH) ₂	Diğer belirleyici	ABD'de kullanım
Allied Haeltcare Chemetron	Baralime	11.0-16.0	0.0	<5	73	Ba(OH) ₂	Kullanılmıyor
Allied Haeltcare	Carbolime	12.0-19.0	3	0.0	>75	-	Evet
W.R Grace and Company	Sodasorb	15.0-17.0	3.7	-	50-100	-	Evet
Intersurgical Ltd.	Intersorb Plus	13.5-17.5	2.6	0.0	81	-	Evet
Intersurgical Ltd.	Spherasorb	13.5-17.5	1.3	0.0	78	%4 Zeolit	Evet
Intersurgical Ltd.	LoFloSorb	13.5-17.5	0.0	0.0	78	%6.5 Silika	Evet
Armstrong Medical Ltd.	Amsorb	13.5-16.5	0.0	0.0	79-82	CaCl ₂	Kullanılmıyor
Armstrong Medical Ltd.	Amsorb Plus	13.0-18.0	0.0	0.0	>80	CaCl ₂	Evet
Dräger Medical, Inc.	Drägersorb 800	16	2	3	75-83	CaCl ₂	Kullanılmıyor
Dräger Medical, Inc.	Drägersorb 800 Plus	16	1-3	0.003	75-83	-	Evet
Dräger Medical, Inc.	Drägersorb Free	14-18	0.5-2	0.003	74-82	CaCl ₂	Evet
Airgas / Molecular Products	Sodalime	15	<3.5	2.6	>80	-	Evet
Molecular Products	Sofnolime	12--19	<3.5	0.0	75-80	-	Kullanılmıyor
GE Medical / Molecular Products	Medisorb	12-19	<3.5	0.0	75-80	-	Evet

Baralyme

Baralyme % 73 Ca(OH)₂, % 20 Ba(OH)₂, <% 5 KOH, % 11-16 su içerir. *Sodalime*'dan farklı olarak su, moleküle kimyasal olarak bağlanır. Böylece kuru atmosferde nemini kolayca kaybetmez. *Baralyme*, pembe renkli olup CO₂ ile reaksiyona girerek mor renge dönüşür (23).

Baralyme ile oluşan kimyasal reaksiyonlar:



2. kuşak absorbanlar

Sodalime ve *baralyme*'in inhalasyon anesteziikleri ile oluşturdukları istenmeyen etkilerin önlenmesi veya azaltılması amacıyla bileşimler ve/veya etken maddeler değiştirilerek 2. kuşak CO₂ absorbanları geliştirilmiştir.

İstenmeyen etkilerin ve reaksiyonların gelişiminden en çok KOH ve NaOH sorumlu tutulmuştur. Bu amaçla her iki bazın miktarları azaltılarak istenmeyen yan ürünlerin azaltılabileceği düşünülmüştür (1,2,8,17,24). Bu kuşak absorbanlar içinde; *Drägersorb 800 plus*, *intersorb*, *medisorb*, *spherasorb*, *sofnolime* kullanıma girmiştir.

Drägersorb 800 plus

Sodalime ve *baralyme*'in içindeki alkali bileşikler çok reaktiftir. Bu nedenle *Drägersorb 800 plus* gibi 2. kuşak absorbanlarda CO ve bileşik-A üretimini azaltmak amacıyla NaOH ve KOH miktarları azaltılmış ve renk indikatörü olarak etil-viyole eklenmiştir (3).

Ağustos 2000'de piyasaya sürülen *Drägersorb 800 plus*; % 75-83 Ca(OH)₂, %1-3 NaOH, % 0.003 KOH, %16 su içermektedir. *Drägersorb 800 plus* hemisferik, beyaz renkli ve kokusuzdur (21).

PubMed taramalarında *Drägersorb 800 plus* ile yapılmış 4 çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalarda değişik inhalasyon ajanları ile CO (25), bileşik-A (26, 27) oluşturması ve düşük akım ile kullanıldığında tükenme süresi (17) araştırılmıştır.

Hasta modeli taklit edilerek yapılan bir invitro çalışmada, tüm modern inhalasyon ajanları ile kuru *Drägersorb 800 plus*'in maksimum CO oluşturma oranları

araştırılmıştır(25). Bu çalışmada taze absorban ile hiç CO üretimi saptanamazken, absorban tam kurutulduğunda, desfluranla 14262, enfluranla 10654, izofluranla 2512, halotanla 210, sevofluranla 121 ppm CO tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kanister içi sıcaklığın; taze absorban ile 23.5 °C'den 28.3 °C'ye, kuru absorban ile 24.0 °C'den 32.9 °C'ye yükseldiği bildirilmiştir

Dräger sorb 800 plus, amsorb ve medisorb kullanılarak düşük akımlı (1L/dk) anestezi ile yapılan klinik bir çalışmada; bileşik-A oluşumunun az miktarda NaOH içeren *Dräger sorb 800 plus ve medisorb* ile hiç güçlü baz içermeyen *amsorb*'a göre daha fazla olduğu saptanmıştır (26).

Düşük akımlı anestezi ile üç farklı absorbanın (*amsorb, sodalime, dräger sorb 800 plus*), 45 °C'de sevofluran ile etkileşiminin araştırıldığı invitro bir çalışmada, *sodalime* ve *dräger sorb 800 plus* ile oluşan bileşik-A konsantrasyonlarının *amsorb*'dan on kat daha fazla olduğu gösterilmiştir (27).

Düşük akımlı anestezi kullanılan diğer bir klinik çalışmada absorbanın tükenme süresi; *amsorb plus*= 19.6 saat, *Dräger sorb 800 plus*= 33.1 saat, *sofnolime*= 29.2 saat, *spherasorb*= 33.4 saat, *sodalime* için 51.2 saat olarak bildirilmiştir (17).

Dräger sorb 800 plus ile klinik koşullarda veya klinik koşulların taklit edilmesiyle oluşturulan deneysel çalışmalarda, yüksek akımlı anestezi (4 L/dk) ile absorbanın ağırlığı, nemi, ısı, CO üretimi ve kullanım süresi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. kuşak absorbanlar

2. kuşak absorbanlar ile yapılan deneysel (8,25,27,28) ve klinik araştırmalar (26) absorbanlar ile inhalasyon anesteziklerinin etkileşmesine bağlı oluşan sorunların halen devam ettiğini göstermektedir. KOH ve NaOH gibi alkalilerin azaltılması, absorbanların kullanım süresini kısaltmış ve maliyetleri arttırmıştır Bu nedenlerle güvenli, ekonomik ve uzun kullanım süresine sahip CO₂ absorbanı arayışları sürdürülerek, NaOH, KOH içermeyen *amsorb, loflosorb, superia* geliştirilmiştir (1).

1999'da Murray ve ark (1) tarafından üretilen *amsorb, sodalime ve baralyme*'dan daha inerttir. *Amsorb*'un absorbsiyon kapasitesi *sodalime*'dan düşüktür (8) ve *sodalime*'in % 40-90'ı kadar etkinliğe sahiptir (14). En önemli avantajı NaOH ve KOH gibi monovalan hidroksitleri içermemesidir. Bu güçlü bazların yokluğu, volatil anesteziklerin indirgenerek CO ve bileşik-A gibi toksik ürünlerin oluşumunu engeller

(24). IMCO₂ 2 mmHg kabul edilerek gerçekleştirilen klinik bir çalışmada, *amsorb*'un absorpsiyon süresi 213±71 dk bulunmuştur (29).

4. Üzerinde çalışılan en son absorban:

LiOH, *sodalime*'a alternatif olarak sunulmuştur. Nemli ya da kuru koşullarda inhalasyon ajanlarının indirgenmesinde inert olduğu belirtilmiştir. Ancak, koroziv ve kostik etkileri nedeniyle klinik koşullarda kullanılması önerilmemektedir (1,2).

VI-CO₂ ABSORBANLARININ İSTENMEYEN ETKİLERİ

Absorbanlar CO₂'i uzaklaştırırken, sistemin nemlenmesi ve ısıtılmasını sağlarlar. Absorbanlar bu olumlu etkilerinin yanında inhalasyon anesteziikleri ile reaksiyona girerek istenmeyen etkilerin ve ürünlerin oluşmasına neden olurlar (1, 8). Bunlar;

- 1-İnhalasyon anesteziiklerinin tutulumu ve indirgenmesi,
- 2-Metanol, formaldehid, formik asit oluşumu,
- 3-Isı artışı ve yangın,
- 4-Bileşik A-E oluşumu,
- 5-CO oluşumudur.

İnhalasyon anesteziikleri CO₂ absorbanlarının tümüyle reaksiyona girerler. Absorbanların inhalasyon ajanları ile etkileşim sırası: *baralyme* > *sodalime* > *KOH'suz sodalime* > *CaOH lime* şeklindedir. Reaksiyon; taze gaz akımının hızından, anestezi devresinin şeklinden, absorbanın içeriğinden, inhalasyon anesteziği ve konsantrasyonundan, absorbanın ısı ve nem içeriğinden etkilenmektedir (1).

İnhalasyon Anesteziiklerinin Tutulumu ve İndirgenmesi

Absorbanların tümü inhalasyon ajanlarını absorbe ederler. Bu durum maliyet artışlarına ve inhalasyon ajanları ile indüksiyonda gecikmelere neden olur. İzofluran gibi diflorometoksi (-CHF₂) içeren anesteziik ajanlar, kuru CO₂ absorbanlarıyla indirgenerek anesteziik kaybına neden olurlar (2). Sevofluran en kolay indirgenen volatil anesteziiktir, normal hidrate *sodalime*'da bile ölçülebilir indirgenmeye uğrar ve absorbanın su içeriği azalıp ısı arttıkça yıkım hızlanır (5). İnhalasyon ajanlarının absorbanlarla indirgenme sırası sevofluran > izofluran > desfluran şeklindedir (30).

Güçlü alkali (NaOH, KOH) içeren absorbanlar inhalasyon ajanlarının yıkımından sorumlu tutulurlar. Bu güçlü bazlar, inhalasyon ajanı moleküllerinden spesifik yapısal

özellikler taşıyan labil protonları çıkararak indirgenmeye hassas hale getirirler (1). Özel koşullarda kurutulmuş absorbanlar NaOH ve/veya KOH gibi güçlü bazlar içermiyorsa CO üretimi yok denecek kadar azdır (31). *Baralyme*, sevofluranı *sodalime*'a göre dört kat daha fazla indirger (8).

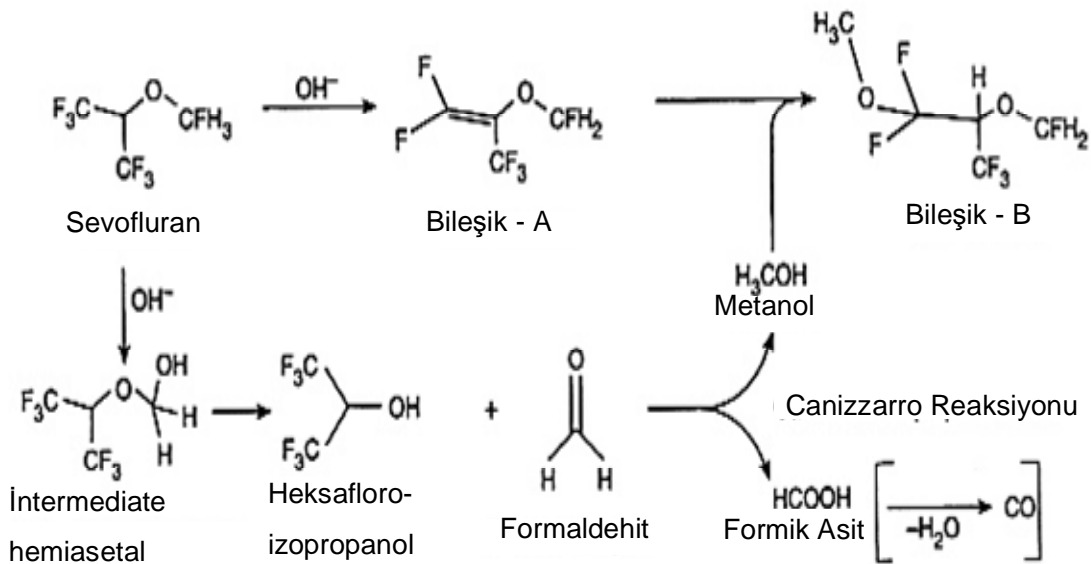
İnhalasyon ajanları ve absorbanlar arasındaki indirgenme reaksiyonları ekzotermiktir, sevofluran ile olan reaksiyonlar özellikle enerjiktir (32).

LiOH'ın ise anestezi ajan indirgeme özelliği en düşük olan absorban olduğu bildirilmiştir (2).

İki yaşında bir erkek çocukta maske ile uygulanan % 4 konsantrasyonda sevofluranla indüksiyonda; öksürük ve sekresyon artışı, indüksiyonda gecikme, absorban haznesinde sıcaklık artışı ve mavi renk ile arteriyel karboksi hemoglobin (COHb): % 8.4 olarak saptanmıştır. *Sodalime* incelendiğinde tamamen kuru olduğu ve üç haftadır değiştirilmediği belirlenmiştir (8).

Metanol, formaldehid, formik Asit Oluşumu

Sevofluran ile CO₂ absorbanının etkileşimi sonucu gelişen cannizzaro reaksiyonu (Şekil 3) metanol, formaldehid ve formik asit oluşumuna neden olur. Bu reaksiyona bağlı oluşan ısı, reaksiyon hızını daha fazla artırır (8).



Şekil 3. Cannizzaro reaksiyonu (8,20,32)

Metanol ve formaldehid tutuşabilir gazlı bileşenlerdir (1).

Sıcaklık artışı

Isı-yangın oluşumuna en sık sevofluran ile *baralyme* veya *sodalime*'in kullanımının neden olduğu bildirilmiştir (32). Kuru absorbanların sevofluranla etkileşimi yüzlerce derece sıcaklık artışına yol açabilir böylece formaldehid, metanol, formik asit gibi yan ürünler ve oksijen/azot protoksitten zengin çevre anestezi devresinde yangına zemin hazırlayabilir (8, 27).

Absorban ısı; hastanın metabolik durumu ve CO₂ eliminasyonu, taze gaz akım hızı ve ventilasyonla etkilenir (34). Kuru *sodalime* ile sevofluranın indirgenmesi sonucu desfluran ve izofluranla olanın üç katı sıcaklık artışı saptanmıştır (6).

Bileşik A-E oluşumu

CO₂ absorbanları sevofluranı bileşik-A'ya (florometil-2,2-difloro-1-vinil eter) indirger (3,4,8,14,20,24,26,33,35-38). Absorban ısı ve azalan taze gaz akımı bileşik-A miktarını artırır (8), bu nedenle "Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu" (*Food and Drug Administration*= FDA); 2 MAC/saat sevofluranın en az 1 L/dk taze gaz akım hızında kullanımının güvenli olacağını belirtmiştir. Ancak birçok ülkede taze gaz akımı sınırlaması yapılmamaktadır (14,24).

Farklı taze gaz akım hızlarında (1, 4, 6 L/dk) sevofluran ve *sodalime* arasındaki reaksiyon sonucu bileşik-A'nın 1 L/dk grubunda en yüksek, 6 L/dk grubunda en düşük olduğu bulunmuştur (39).

Bileşik-A'nın kendisi değil metabolitleri nefrotoksiktir (1). Günümüze kadar bileşik-A'nın sıçanlarda nefrotoksik olduğu gösterilmiştir (27). Ancak insanlarda bileşik-A'nın nefrotoksik olduğu gösterilememiştir. Bu nedenle FDA yapılan araştırmaların artık durdurulması gerektiğini bildirmiştir (1,9,40).

CO oluşumu

İnhalasyon ajanları ile absorbanlar arasında gelişen reaksiyonlardan biride CO oluşumudur. CO oluşumu; inhalasyon ajanınınına, absorbanın cinsine, ısısına, nemine, taze gaz akımı hızına bağlıdır (1,2,5,8,26,32,41-43).

İnhalasyon ajanlarının absorbanlarla etkileşimine bağlı CO üretimi sırasıyla; desfluran > enfluran > izofluran şeklinde gerçekleşmektedir (5,8). CO üretiminde en çok suçlanan ajan desflurandır. Sevofluranın kuru absorbanla reaksiyonu ekzotermiktir , ısı arttıkça yıkım hızlanır ve CO üretimi artar (5). Sevofluran indirgenmesiyle anlamlı CO üretiminin olması, reaksiyon bağlı ortam sıcaklığı 80 °C'yi aşınca görülür (32).

CO üretimi ile ilgili ilk raporlarda inhalasyon anesteziğinin *baralyme* ve *sodalime* ile CO oluşturdukları yayımlanmıştır (8).

CO üretiminin, absorbanlardaki alkali hidroksitlerin varlığına bağlı olduğu anlaşıldıktan (26,43) sonra yeni absorbanlar NaOH içerip KOH içermeyecek yapıda yada sadece CaOH_2 içerip güçlü alkali hidroksit içermeyecek şekilde geliştirilmişlerdir(2).

Anestezi cihazlarında, uzun süreli taze gaz akımı kullanımı absorbanları kurutabilir(7). İndirgenme, absorbanın su içeriği ile ters orantılıdır (5,8). Düşük akımlı anestezi absorbanın nemini korur ve CO oluşumunu engeller (41). Yüksek taze gaz akımı, CO₂ absorpsiyonuyla oluşan su miktarını azaltır ve absorbanı kurutur böylece CO oluşumu artar (41,42).

Hasta modeli taklit edilerek yapılan bir invitro çalışmada, taze absorban ile hiç CO üretimi saptanmamış ve absorban tam kurutulduğunda, desfluran> enfluran> izofluran> halotan> sevofluran sırasıyla CO tespit edilmiştir (25). Holak ve ark. (5) yaptıkları deneysel çalışmada, normal hidrate absorbanlarla CO saptanmadığını ve kısmi veya tam kurumuş absorbanlarla ölçülebilir sevofluran yıkımı oluştuğunu bildirilmişlerdir.

Tipik CO zehirlenmesi vakaları, anestezi cihazının gaz akımlarının hafta sonu boyunca açık bırakılması sonrası pazartesi sabahı ilk anestezi uygulanan hastalardır. Günümüze kadar 31 intraoperatif CO zehirlenmesi bildirilmiştir. 24 yaşında bir bayanda dehidrate *baralyme* varlığında % 5 desfluran anestezi ile ağır CO zehirlenmesi görülmüştür (8).

Anestezi sırasında CO toksisite bulguları maskelenebilir. CO; nörotoksik ve kardiyotoksiktir. Ciddi anemisi veya kardiyovasküler hastalığı olanlar CO zehirlenmesine özellikle hassastır (20).

VII-ABSORBANLARIN İSTENMEYEN ETKİLERİNİN AZALTILMA STRATEJİLERİ

Anestezi pratiğinde CO₂ absorbanları vazgeçilmez maddelerdir. Ancak bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımlarına bağlı kuruması ve ısınması, ciddi morbidite ve mortaliteye yol açabilmektedir (8).

Klinikte, CO₂ absorbanlarının taze gaz akımına maruz kalma ile ne zaman kuruyacağı bilinmemektedir (44). *Sodalime*'ın 7 L/dk taze gaz akımı ile 42 saat sonra kritik derecede kuruduğu ileri sürülmüştür (25). *Sodalime*'ın renk değişiminin 60 günlük kurumadan sonra bile belirgin olmadığı ve kuruma için renk değişiminin izlenmesinin kötü bir gösterge olacağı bildirilmiştir (7).

Rutin klinik koşullarda, absorban ile inhalasyon ajanlarının etkileşimine bağlı oluşan yan ürünlerin miktarı, absorbanın kuruyup kurumadığı, sıcaklığı tespit edilememektedir, Bu nedenle absorbanların özelliklerinin iyi bilinmesi ve kullanım kılavuzlarının düzenlenmesi hasta güvenliği açısından gereklidir.

2003'te yayımlanan CO₂ absorbanları ile inhalasyon ajanlarının etkileşimini konu alan derlemede rutin klinik uygulamada dikkate alınması gereken kurallar şöyle özetlenmiştir (1) ;

1. Fazla miktarda NaOH ve KOH içeren absorbanlar güvenlik için terk edilmelidir.
2. *CaOH lime*'lar seçilecek absorban olmalıdırlar.
3. Kazara kurumayı önlemek için tüm önlemler alınmalıdır.

Anestezi hasta güvenliği kuruluşu (*Anesthesia Patient Safety Foundation= APSF*) Ekim 1985' te, Ellison C. Pierce tarafından kurulmuştur. Bu organizasyon, anestezi güvenliği üzerine araştırmalar yapmış üyeler arasındaki periyodik haberleşmeyi sağlamıştır (10).

CO₂ absorbanlarının güvenliği konusundaki 2005'te yapılan APSF konferansı raporunda ve 2006'da yayımlanan derlemede "klinik kullanımda absorbanların kurummasının önlenmesi" için şu önerilerde bulunulmuştur (8,9);

1-Anestezi uygulanması sonrası cihaz kullanılmadığında ve özellikle gün sonunda tüm gaz akımları kapatılmalıdır.

2-Cihaz bir süre kullanılmadıysa ve absorbanın neminden emin değilseniz renk indikatörüne bağlı kalınmadan absorban rutin olarak değiştirilmelidir.

3-Gece veya hafta sonu gazlar açık kalmışsa her iki haznedeki absorban değiştirilmelidir.

4-Her pazartesi sabahı absorban düzenli olarak değiştirilmelidir.

5-Tükenmeye bağlı renk değişimi gözleendiğinde absorban değiştirilmelidir.

6-Kompakt kanister kullanılıyorsa daha sık değiştirilmelidir.

7-CO₂ absorban haznesinde aşırı ısınma belirlenirse absorban değiştirilmeli ve hasta CO zehirlenmesi açısından izlenmelidir.

XIII-ABSORBANLARIN KLİNİĞİMİZDE KULLANIMI

Kliniğimizde anestezi cihazının solunum devreleri gün sonunda rutin olarak çıkarılmaktadır. Böylelikle absorbanların yüksek akım oksijen ile kuruması önlenmektedir. Ancak gün içinde vaka aralarında oksijen akımının açık bırakılması sonucu absorbanın kuruma tehlikesi vardır.

Çalışmamızın projelendirilmesi aşamasında anestezi asistanları ve uzmanlarının absorbanlar konusundaki deneyimlerini öğrenmek ve çalışmamıza yol göstermesi için hazırladığımız 3 sorudan oluşan anketi 30 anestezi asistanı/uzmanı üzerinde gerçekleştirdik.

Karbondioksit absorbanlarının değiştirilmesi anketi

Öğretim Üyesi

Uzman

Asistan

1-Karbondioksit absorbanı olarak ameliyat salonunuzda hangi absorban kullanılmaktadır?

a-*Baralyme* b-*Sodalime* c-*Amsorb plus* d- *Drägersorb 800 plus* e-Bilmiyorum

2-Karbondioksit absorbanlarının değiştirilmesi kararını kim vermektedir?

a-Öğretim Üyesi b-Uzman c-Asistan d-Teknisyen e-Bilmiyorum

3-Karbondioksit absorbanını hangi koşullarda değiştirmenizdir?

a-Nemlenince b-Isınınca c-Morarinca d-IMCO₂'e göre e-Bilmiyorum

Ankete verilen cevaplar incelendiğinde:

- 1-Anesteziistlerin çoğu kullandıkları CO₂ absorbanının adını ve özelliklerini bilmemektedir.
- 2-Absorbanın değiştirilmesinde subjektif olan renk değişimi baz alınmaktadır. İlginç olan absorbanın nemlenmesinin “değiştirme kriteri” olarak kullanılmasıdır.
- 3-Rutin klinik uygulamada absorbanlar teknisyenler tarafından cuma günleri değiştirilmektedir.

Bu sonuçlara göre:

- 1-Rutinde kullandığımız absorbanın özellikleri ve tehlikeleri yeterince bilinmemektedir.
- 2-Gereksiz absorban değiştirilmesi maliyetlerin artmasına neden olmaktadır.
- 3-Bu koşullar APSF'nin dikkati çektiği tehlikelere açıktır.

GEREÇ VE YÖNTEM:

Çalışma, „DEÜ Tıp Fakültesi Klinik ve Laboratuvar Araştırmaları Etik Kurulu“nun onayı alındıktan sonra prospektif ve randomize olarak gerçekleştirildi. Randomizasyonda kapalı zarf usulü kullanıldı.

Çalışma merkezi ameliyathanede bir modül içindeki 3 ameliyat salonunda gerçekleştirildi (Resim 2) .

Çalışmada kullanılan CO ölçüm cihazı (*Impulsepro, Zellweger analytics inc. USA/Canada*) (Resim 3) ve anestezi gaz modülleri (AGM, *Hewlett-Packard GmbH, USA*) (Resim 4) çalışmaya başlamadan önce kalibre edildi.

Klinik koşulları taklit etmek amacıyla 15 cmH₂O basınç oluşturabilen test akciğeri (*Siemens, 1 L, Test Lung, Germany*) (Resim 5) solunum devresine eklendi. Diğer çalışmalardaki (5,6,14,30,31,45) gibi, 200 mL/dk CO₂ akımölçer (*Sechrist, Oxygen-Air Blender Module 9451, Michigan-USA*) (Resim 7) kullanarak test akciğeri içine verildi. Anestezi cihazında (Dräger, NAD2C, Lubeck, Germany); 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 azotprotoksit/oksijen olarak ayarlandı. Kanister 1000 g taze *drägersorb 800 plus (Dräger, Luebeck, Germany)* (Resim 6) ile dolduruldu, İnhalasyon ajanı olarak sevofluran kullanıldı.

Rutin klinik koşullarımız doğrultusunda; 12 saat boyunca standart anestezi uygulandı (1 saat anestezi, temizlik ve hazırlık için 0.5 saat ara) ve ardından anestezi cihazı 12 saat beklemeye alındı.

APSF standartları uygulanan grupta (Grup A);

Standart 1 saatlik anestezi uygulamaları arasındaki 0.5 saatlik dönemlerde anestezi cihazının oksijen akımı kapatılarak 150 mL/dk oksijen uygulanmasına izin verildi. 12 saatlik bekleme döneminde anestezi cihazı tamamen kapatılıp solunum devreleri tamamen kaldırılarak kanister içindeki absorban oda havasında bırakıldı.

APSF standartları uygulanmayan grupta (Grup B);

Standart 1 saatlik anestezi uygulamaları arasındaki 0.5 saatlik aralarda ve 12 saatlik bekleme dönemlerinde anestezi cihazı ile 6 L/dk oksijen uygulandı.

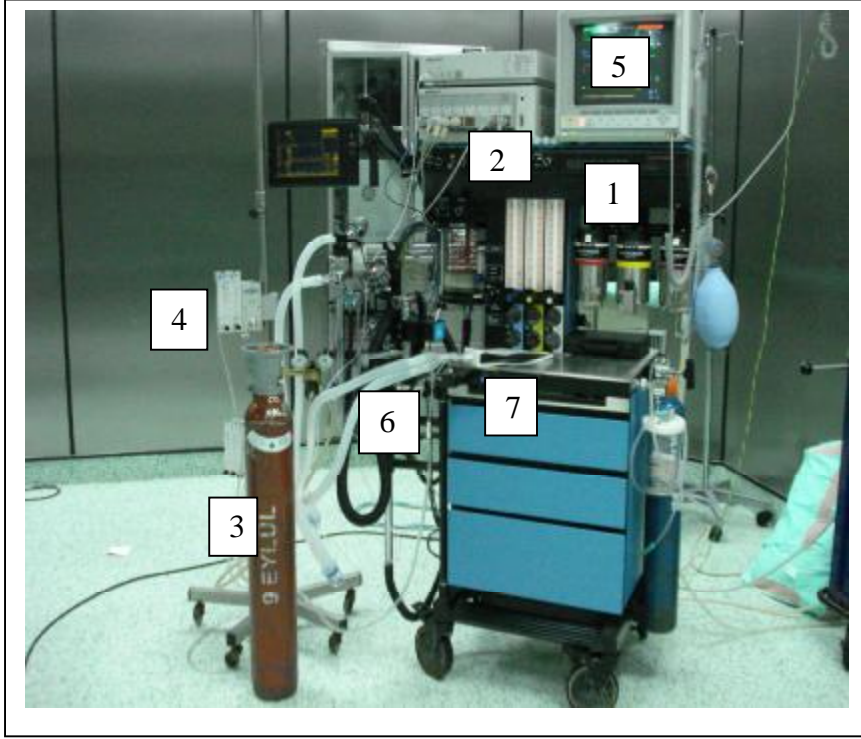
Çalışmaya % 3 sevofluran ile başlandı ve End-Tidal Sevofluran (ET_{Sevo}) düzeyi %2.1 olacak şekilde sürdürüldü (5,8,28,41). End-tidal karbondioksit ($ETCO_2$) düzeyleri 30-36 mmHg arasında olacak şekilde solunum frekansı ile düzenlendi (35). İnspire edilen minimum karbondioksit ($IMCO_2$) düzeyleri HP monitöründen sürekli olarak izlendi ve her saat kaydedildi. Anestezi devresi üzerindeki Y parçasına yerleştirilen üçlü musluk yardımıyla CO düzeyi (*parts per million=ppm*) ölçülerek her saat kaydedildi.

Alttaki boş kanister içerisine yerleştirilen dijital sıcaklık ve nem ölçer (*WS8610R, Precision Sensor, La Crosse, Swiss*) (Resim 9) ile sistemin sıcaklık ve nem değişimleri dijital olarak sürekli ölçüldü, bilgisayar ortamında *data recorder* programı yardımıyla 30'ar dakikalık aralıklarla kaydedildi.

Süreç absorbanın tükenmesi için temel alınan $IMCO_2= 2$ mmHg düzeyine ulaşması sonrası durduruldu (14,29). Anestezi için kullanılan toplam süreler (absorbanın kullanım süresi) kaydedildi. Her anestezi başlangıcında ve bitişinde absorban ağırlığı dijital ağırlık ölçer (*Mettler Toledo, PB3001, Monobloc Inside, Switzerland*) (Resim 8) ile tartıldı, absorbanda oluşan renk değişikliği absorbanın tükendiği dönemde kaydedildi. Renk değişiminin saptanması için Sony dijital fotoğraf makinası (*7.2 Mp, Model No: DSC-W 35, China*) ile çekilen fotoğrafların bilgisayar ortamında analizleri yapıldı. Mor renge dönen absorbanın % değerleri hesaplandı.

Renk değişimi analizi;

Sony dijital fotoğraf makinası ile alınan 3072x2304 piksel resimler *MediScope* (*MediScope software by Mustafa Şakar, Dokuz Eylül University, Clinical Engineering Department, Izmir, Turkey*) görüntü analizi yazılımı yardımıyla işlendi. Elle seçilen ilgili alana (*ROI: region of interest*) 9x9 yapısında *Gauss* filtresi ($\sigma=3$) (46) uygulanarak görüntü üzerindeki ayrıntılar temizlendi. 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 (47,48) uygulandı. Renklerin *Hue* alanı dağılımı RGB alanı dağılımına göre daha anlamlıdır. Eşik değer, *isodata* metodu (49) ile *Hue* histogramından elde edilmiştir. Elde edilen eşik değerinin altında kalan bölgeler kırmızı olarak, üstünde kalan bölgeler ise beyaz olarak işaretlendi. İlgili alanının kırmızı ve beyaz yüzdelik oranları hesaplandı.



- 1-Anestezi Cihazı
- 2-Anestezi Gaz Modülü
- 3-CO₂ tüpü
- 4-CO₂ akımölçer
- 5-HP Monitör
- 6-Anestezi devreleri
- 7-Test akciğeri

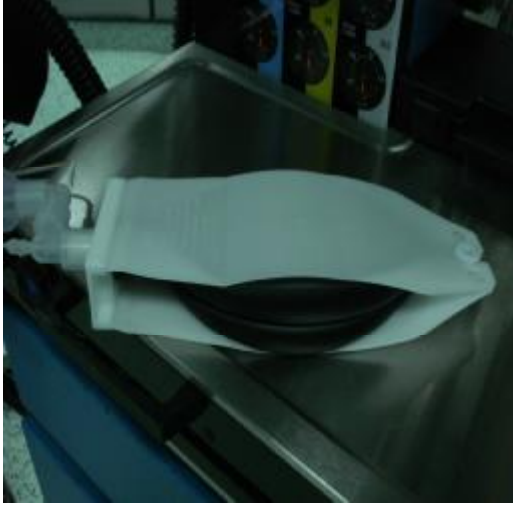
Resim 2. Deney düzeneği



Resim 3 . CO ölçüm cihazı



Resim 4. Anestezi gaz modülü



Resim 5. Test akciğeri



Resim 6. Dräger sorb 800 plus



Resim 7. Akımölçer



Resim 8. Tartı

La Crosse WS8610R Dijital Hava Kaydedici Data Logger



%1 - %99 YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ NEM SENSÖRÜ

- İç Sıcaklık: -10°C, +60°C
- Dış Sıcaklık: -30°C, +70°C
- Hassasiyet: 0.1 °C
- Doğruluk: + -0.5°C
- İç, Dış Nem: %1 - %99 rh
- Hassasiyet: %1 rh
- Doğruluk: + -%3 rh

Swiss Precision Sensor

Swiss precision sensör:
La Crosse ürünlerinde çok kaliteli İsviçre yapımı hassas sensörler kullanılmaktadır. Bu sensörler kendi üzerindeki mikro işlemci ile sinyali dijital olarak aktarırlar.



Veri depolama & PC:
Veri depolama özelliği ile gün ve saate göre maksimum 3260 adet nem ve sıcaklık değerini kaydedebilir ve bu verileri bilgisayara aktarabilirsiniz.



Kablosuz sensör:
Cihaza maksimum 3 adet kablosuz kanal (nem ve sıcaklık ölçer) ekleyebilir ve bu kanallardan gelen değerleri de kaydedebilirsiniz.



açık alanda 100 metre mesafe

Resim 9. Dijital ısı ve nem ölçer

İstatistiksel analizler:

Deneysel ortamlarda yapılan çalışmalarda n=6 olarak alınmıştır.(3,16,22,24,32)
Biz de çalışmamızda n= 6 olarak aldık.

Veriler SPSS 11.0 programına (*SPSS Inc, Chicago, USA*) yüklendi. Gruplar arası ortalamaların (ort±sd) karşılaştırmalarda *Mann Whitney-U* testi, grupların kendi içindeki değişimlerinin (ort±sd) karşılaştırmasında *Wilcoxon Sign(ed) Rank(s)* testi kullanıldı. $p<0.05$ anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR:

DEÜTF Merkezi Ameliyathanesi'nde klinik anestezi koşullarımızın taklit edildiği deneysel araştırmada toplam 12 deney gerçekleştirildi. APSF önerilerine uyulan Grup A'da 6, APSF önerilerine uyulmayan Grup B'de 6 çalışma yapıldı.

Absorbanın tükenme süresi

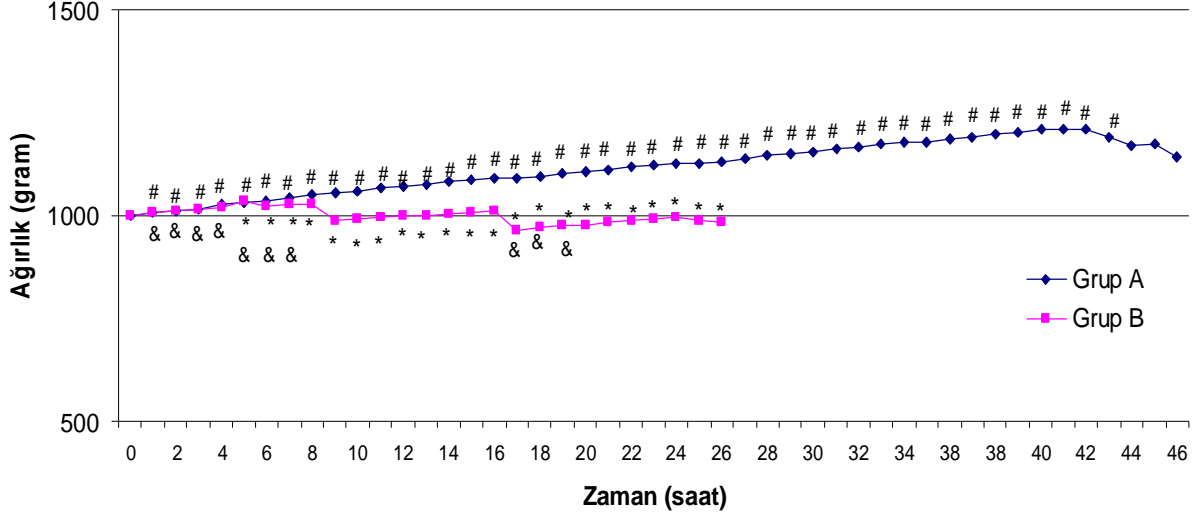
Absorbanın tükenme süresinin (Grup A: 43.16, Grup B: 25.33 saat) APSF önerilerine uyulduğunda yaklaşık iki katı daha uzun sürdüğü saptanmıştır ($p=0.004$) (Tablo 2). Benzer olarak IMCO₂'nin 1'e ulaşma süresi Grup A'da anlamlı olarak daha uzun olduğu bulundu ($p=0.004$). IMCO₂'nin 1'den 2'ye ulaşma süreleri her iki grupta birbirine yakındı ($p=0.786$).

Tablo 2. İki grupta kullanılan absorbanın tükenme süresi (ort.±sd)

	Grup A (n=6)	Grup B (n=6)	<i>p</i>
IMCO ₂ nin 1 olma süresi (saat)	40±1,09	22,5±1.87	0.004
IMCO ₂ nin 2 olma süresi (saat)	43,16±1.94	25,33±0.81	0.004
IMCO ₂ 'nin 1'den 2'ye ulaşma süresi (saat)	3,5±0.54	3,66±0.81	0.786

Absorbanın ağırlığı

Her iki grupta, kanister içine 1000 g absorban yerleştirildikten sonra Grup A'da bazal değere göre çalışma periyodunca ağırlıkta doğrusal bir artış olduğu, Grup B'de ilk 4 saatteki artıştan sonra 9. saatte bazal değere indiği ve 16.saatten sonra ise bazal değer altında seyrettiği görüldü (Grafik 1). İki grup karşılaştırıldığında Grup A'daki ağırlık artışı nedeniyle 5. saatten itibaren aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı ($p<0.05$).



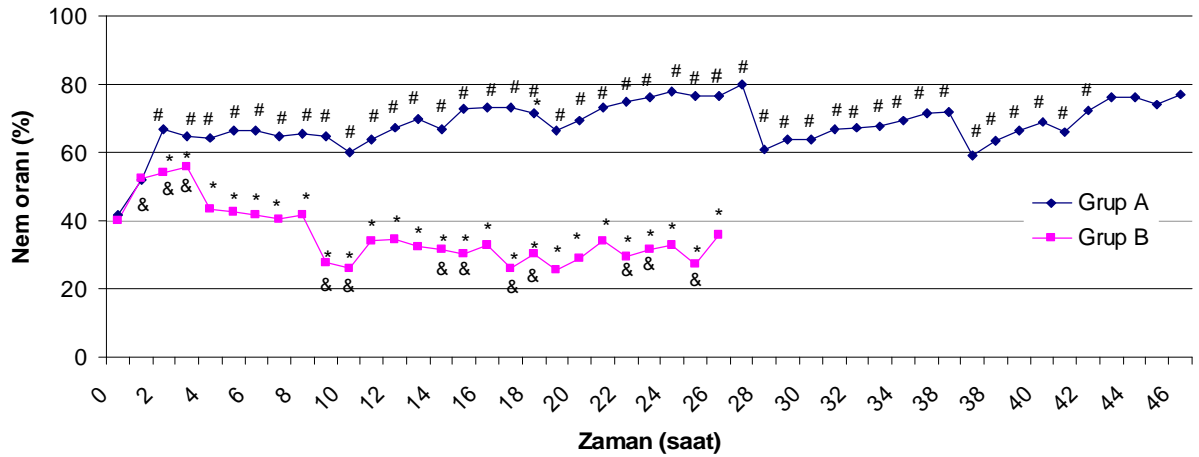
Grafik 1. İki grupta kullanılan absorbanın ağırlık değişimi.

*: $p < 0.05$ iki grup karşılaştırıldığında, #: $p < 0.05$ Grup A'daki bazal değere göre grup içi değişim

&: $p < 0.05$ Grup B'deki bazal değere göre grup içi değişim

Nem oranı

Her iki grupta başlangıçta yaklaşık % 40 civarında olan kanister neminin Grup A'da 2. saatten itibaren %60-80 arasına yükseldiği, Grup B'de ise ilk saatlerdeki kısmi artış sonrası 4. saatten sonra azaldığı ve 12 saatlik bekleme periyodunda absorbandan geçen kuru TGA nedeniyle bazal değerlerin altına inerek %20-40 aralığında seyrettiği gözlemlendi (Grafik 2). İki grup karşılaştırıldığında nem oranının Grup A'da 3. saatten itibaren Grup B'den istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ($p < 0.05$).



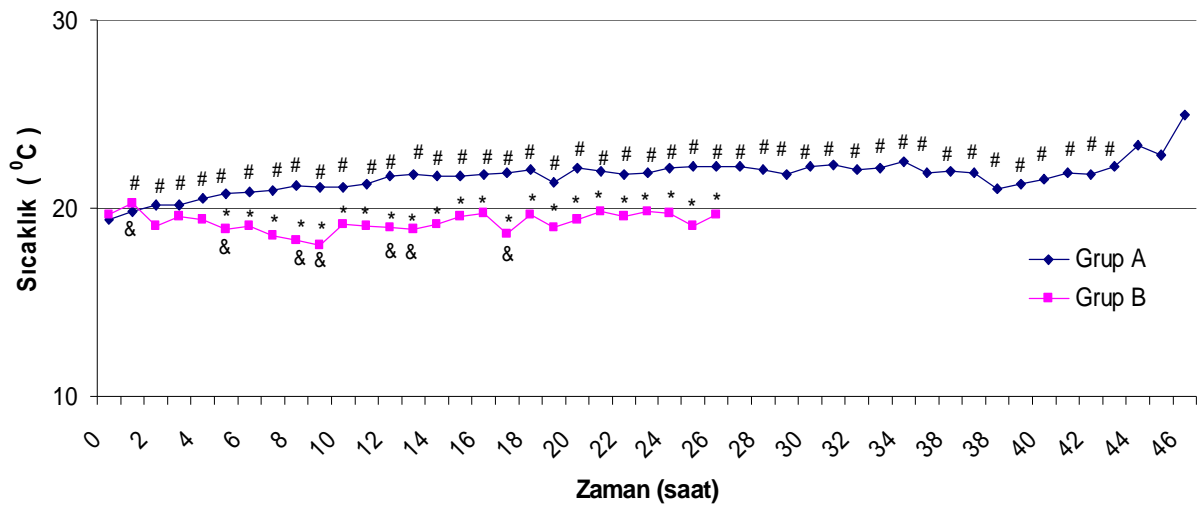
Grafik 2. İki grupta kullanılan absorbanın nem oranının değişimi

*: $p < 0.05$ iki grup karşılaştırıldığında, #: $p < 0.05$ Grup A'daki bazal değere göre grup içi değişim

&: $p < 0.05$ Grup B'deki bazal değere göre grup içi değişim

Sıcaklık değişimi

Deneylerin başlangıcında kanister içi ortam sıcaklığının 20°C'ye yakın olduğu saptandı. Grup A'da başlangıçtan itibaren sıcaklık artışı izlendi ve bazal değerlere göre sıcaklık artışı deneyin sonuna kadar devam etti ($p<0.05$) (Grafik 3). Grup B'de ise sistemin sıcaklık derecesi 6 L oksijen akımlarının etkisiyle bazal değerlerin altında seyretti. 5. saatten itibaren Grup A'daki sistem sıcaklık değerinin Grup B'ye göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek seyrettiği gözlemlendi ($p<0.05$).



Grafik 3. İki grupta kullanılan absorbanın ısısının zamana göre değişimi

*: $p<0.05$ iki grup karşılaştırıldığında, #: $p<0.05$ Grup A'daki bazal değere göre grup içi değişim

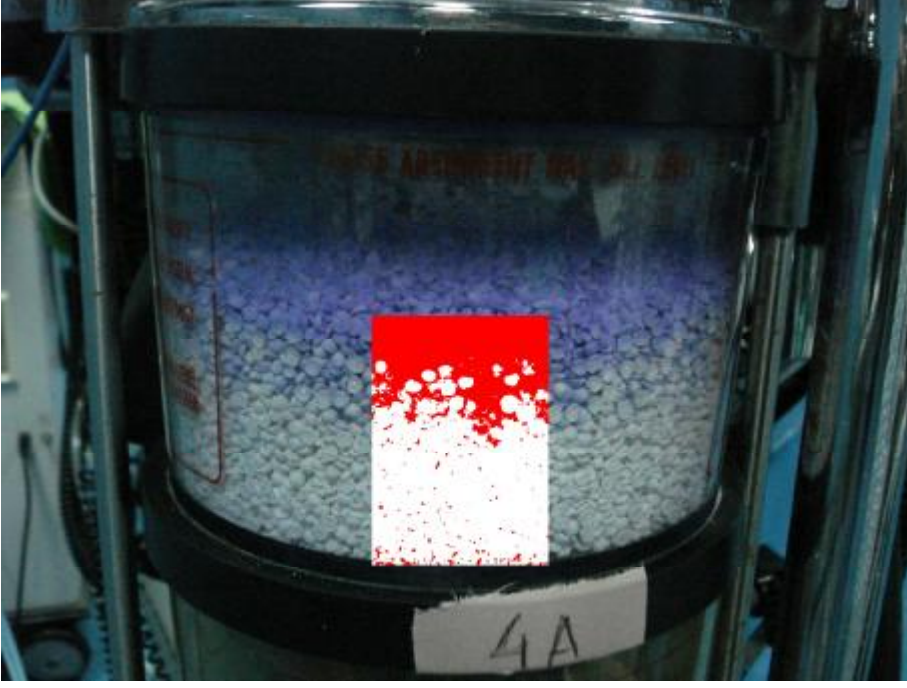
&: $p<0.05$ Grup B'deki bazal değere göre grup içi değişim

Renk değişimi

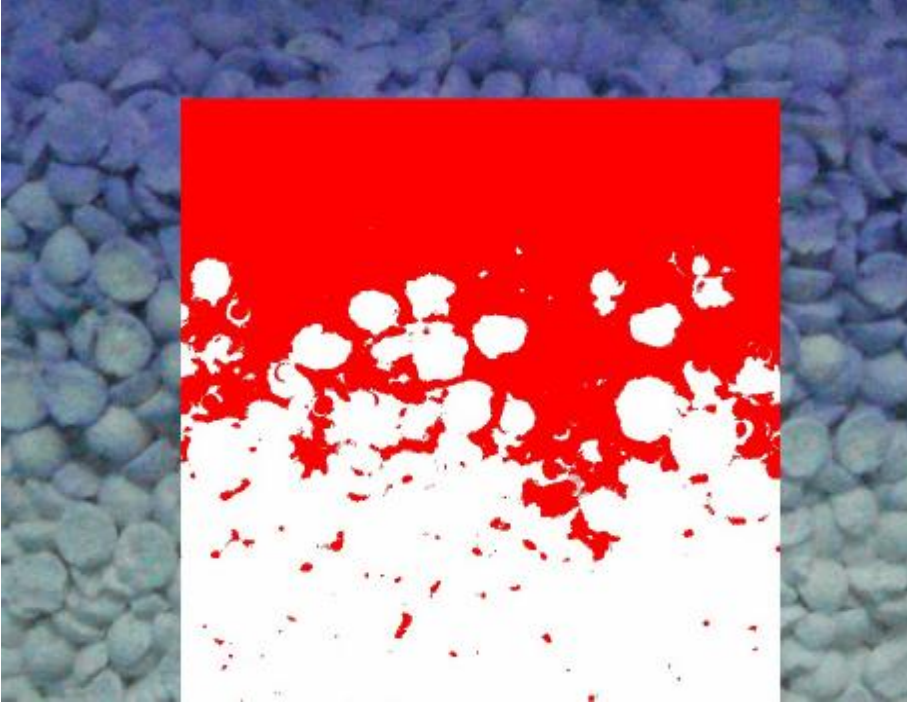
Absorbanın tükenme sırasında ($IMCO_2=2$) çekilen resimlerinin (Resim 10,11) bilgisayar ortamında yapılan renk analizleri sonrası Grup A'da renk değişimi yüzdesinin daha az olduğu, ancak iki grup arasındaki farkın anlamlı olmadığı saptandı (Tablo 3).

Tablo 3 : Absorbanın tükenme anındaki renk değişim oranları (ort±sd)

	Grup A (n=6)	Grup B (n=6)	p
Mor renk oranı (%)	31,95±5,81	42,60±9,75	0,055



Resim 10. Absorbanın renk değişimi



Resim 11. Absorbandaki renk değişiminin kesiti

TARTIŞMA

İdeal bir CO₂ absorbanının inhalasyon anesteziikleri ile etkileşmemesi, toksik olmaması, hava akımına direncinin düşük olması, kolay taşınması, maliyet etkin olması gerektiği bildirilmiştir (17,37). Ancak günümüzde, bu şartlara uygun ideal bir CO₂ absorbanı klinik kullanıma girememiştir. Son yıllarda absorbanlar ile ilgili yapılan klinik ve deneysel çalışmalarda absorbanlardan kaynaklanan tehlikeler büyük oranda belirlenmiştir (2-8,19,23,25,43,45). Bu bilimsel verilerin ışığında absorbanların kullanımı ile ilgili APSF konferansı sonuçları 2005'de yayımlanmıştır(9).

Yaptığımız araştırmada, 2005 APSF konferansı ve 2006'da yayımlanan absorbanlar ile ilgili derleme sonuçlarını temel alan klinik ve deneysel bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle; çalışmamız, klinik koşulların taklit edilerek APSF önerilerinin absorbanlar üzerine etkisini araştıran ilk deneysel çalışma özelliğini taşımaktadır (8,9)

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre; APSF önerilerine uyularak, CO₂ absorbanının kurumasının önlenmesi ile yan etkileri arttırmaksızın, absorbanın kullanım süresi belirgin olarak artmakta, sistemin sıcaklık derecesi ve nemi daha iyi sağlanmaktadır.

Absorbanların kullanım süreleri olan IMCO₂= 2 mmHg oluncaya kadar geçen süre (23,24); kullanılan absorbanın miktarından, içeriğinden, yüzey alanının genişliğinden, kanister ortamının sıcaklık ve neminden, taze gaz akımının (TGA) hızından, hastanın ürettiği CO₂ miktarından etkilenmektedir (16,29). Bu parametrelerin klinik bir çalışma ile standardize edilmeleri oldukça zordur bu nedenle çalışmamız deneysel olarak planlanmıştır. Çalışmamızda klinik koşullarımızı taklit edebilmek amacıyla önceki çalışmalara benzer olarak her iki grupta 1000 g *Drägersorb 800 plus* kullanılması, 4 L/dk sabit TGA sağlanması, sisteme sabit 200 ml CO₂ verilmesi (5,6,23,25,32,46) ile çalışmamızın standardizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Anestezinin sonlandırıldığı dönemlerde 6 L/dk'lık oksijen akımının açık bırakılarak absorbanın kurumasına neden olunması iki grup arasındaki tek değişken parametredir.

Literatürde yüksek taze gaz akımı kullanılarak *Dragersorb 800 plus*'ın tükenme süresini saptayan bir çalışma bulunmamaktadır. Klinik koşullarda (anestezi aralarında ve sonrasında) 6 L/dk oksijenin açık bırakılmasının absorbanın kullanımını nasıl etkilediğini araştıran bir çalışma yoktur. Etik nedenlerle insanda kuru absorban kullanılmadığı için yapılan çalışmaların çoğu invitro çalışmalardır. Bu invitro çalışmalarda; absorbanlar ya fırında yüksek ısıda ısıtılarak yada, üzerinden 6-15 L/dk O₂ akımı geçirilerek kurutulmuş ve kurumuş absorban ile inhalasyon ajanlarının etkileşmesi sonucu oluşan yan ürünler araştırılmıştır (2-7,19,25, 34,35,43,45).

Düşük TGA kullanılan ve IMCO₂=1 baz alınarak yapılan klinik bir çalışmada; *drägersorb 800 plus*'ın kullanım süresinin 33.1 saat olduğu bildirilmiştir (17). 4 L/dk taze gaz akımı ile 1 L *sodalime* 43-62 saat etkili olurken, 0.5 L/dk taze gaz akımı ile 1 L *sodalime*'in etkinliğinin 10-15 saat olduğu tespit edilmiştir (23). Bu sonuçlar, düşük akım anestezi de geri solunan CO₂ miktarı daha yüksek olduğu için absorbanın daha kısa sürede tükendiğini göstermektedir (30).

Tam kuruyan absorbanın absorpsiyon kapasitesinin dramatik olarak düştüğü ve inspire edilen havayı yeterli derecede nemlendiremediği bilinmektedir (31). CO₂ absorbanının reaktivitesi su içeriğine bağlıdır. Su granül yüzeyinde ince bir film tabakası halinde bulunur. Düşük su içerikli absorbanlar çabuk tükenirken, yüksek su içerikli absorbanlarda absorpsiyon hızı azalmış, yapışıklık ve direnç artmıştır (16).

Bizim çalışmamızın sonuçları da sıcaklık ve nemin korunmasının absorban kullanım süresini arttırdığını desteklemektedir. Çalışmamızda APSF önerilerine uyulan grupta (Grup A) absorban tükenme süresi (43,16 saat), Grup B'ye göre (25,33 saat) belirgin olarak daha uzundur ($p=0.004$). İki grupta IMCO₂'nin 1 den 2 ye ulaşma sürelerinin yaklaşık 3.5 saat olduğu tespit edilmiştir. Bu bize klinik ortamda IMCO₂ değerinin 1 mmHg'ya ulaştığında absorbanın kısa bir süre sonra değiştirileceğini ve IMCO₂ değerlerinin yakından izlenmesine dikkat çekmektedir.

Absorbanların kurumalarının saptanmasında kabul edilmiş bir standart yoktur (20). Çalışmamızda nemlenme kriteri olarak 2 parametre dikkate alınmıştır. Bunlardan biri absorbanın ağırlık değişimi, diğeri de anestezi devrelerindeki nem oranıdır. APSF önerilerine uyulan grupta 1000 g absorbanın düzenli bir eğimle % 25'e varan ağırlık artışı saptanmışken Grup B'de, absorban ağırlığının ortalama 950 gr'a kadar indiği saptanmıştır. *Drägersorb 800 plus* taze iken % 16 nem içermektedir (9).

Çalışma sonuçlarımız Grup A'da absorbanın içerdiği nem miktarının arttığını,

Grup B'de ise absorbanın anestezi uygulamaları arasında verilen 6 L/dk oksijene bağlı bir kurumaya (yaklaşık %5 ağırlık kaybı) neden olduğunu göstermektedir. Klinik rutinde CO₂ absorbanlarının anestezi cihazındaki taze gaz akımına maruz kalma ile ne zaman kuruyacağına saptanması zordur (45). Deneysel bir çalışmada absorbanda tam kuruma sağlanabilmesi için 15 L/dk O₂ akımının, 7 gün boyunca verilmesi gerektiği bildirilmiştir (5). Bizim çalışmamızda, Grup B'de 48,3 saatlik 6 L/dk oksijen verilmesi tam kuruma için yeterli değildir.

Absorbanın nemini etkileyen diğer bir etmen CO₂ ile absorbanın etkileşmesine bağlı oluşan su miktarıdır (16,31). Sonuçlarımıza göre solunum devresinin nemi absorbanın ağırlık değişimine paralel seyretti. Çalışmamızın başlangıcında % 40 civarında olan solunum devresinin neminin Grup A'da % 60-80 aralığında seyrettiği, 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 ağırlığından çok ortamın nemini azalttığını göstermektedir. Bu sonuç klinik uygulamalarda hasta akciğerinin kuruması açısından dikkate alınmalıdır.

CO₂ absorpsiyonu; absorban içinde gerçekleşen reaksiyon sonucu dış ortama ısı veren ekzotermik bir süreçtir (44). Sıcaklık artışı, absorbanın güçlü baz içeriğine, nemine, kullanılan anestezi ajanına, TGA hızına bağlıdır (32). Kuru absorbanın sevofluran ile etkileşiminin, yüzlerce derece sıcaklık artışına, anestezi devresinde yangına ve hastada hasara yol açabileceği bildirilmiştir (32). Yangınlar, en fazla sevofluran ile *baralyme*'in etkileşmesine bağlıdır (6,8). Sevofluran kazara kuru absorbanla temas ederse absorbanda fazla miktarda sıcaklık artışı olur, vaporizatörde ayarlanan sevofluran konsantrasyonu sağlanamaz (1). Klinik koşullarda, gazlar hasta tarafından absorbe edildiği için gaz yoğunluklarının düşmesi yangın oluşumunu önlemektedir (5). Keijzer ve ark (19) hasta modelini taklit ederek yaptıkları bir çalışmada, taze ve ağırlığı sabit olana kadar kurutulan *Drägersorb 800 plus* ı kullanarak 3 saat boyunca sürekli sıcaklık ölçümü yapmışlardır. 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. 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, beklenen sıcaklık artışının tersine kanister içi sıcaklığın bazal değerinin altında seyretmesine neden olmuştur. Tam kuruma gerçekleştirilmediği için beklenen sıcaklık artışları izlenmemiştir.

CO oluşumu; kullanılan inhalasyon ajanına ve konsantrasyonuna, absorbanın cinsine, ortamın sıcaklık ve nemine, taze gaz akımına bağlıdır (1,2,8,5,20,33,42-44). CO oluşumunda en çok suçlanan maddeler KOH>NaOH'dir (41,44). KOH miktarı fazla olan *Baralyme* ile CO üretimi, *sodalime*'den fazladır (9). Güçlü baz içermeyen absorbanlar kurumuş olsa da CO oluşumuna neden olamazlar (35). Sevofluranın kuru absorbanla reaksiyonu ekzotermiktir, ısı arttıkça yıkım da hızlanarak CO üretimi artmaktadır (12). Sevofluran indirgenmesiyle anlamlı CO üretimi, reaksiyon ısısı 50-80 °C'yi aşınca görülmektedir (12,13,16). Düşük akımlı anestezi absorbanın nemini daha iyi koruyarak ve CO oluşumunu engeller (32). Aksine, yüksek taze gaz akımı, CO₂ absorpsiyonuyla oluşan su miktarını azaltır ve absorbanı kurutur böylece CO oluşumu artar (20,32,34, 35). Literatür bilgilerine paralel olarak çalışmamızda KOH miktarı çok düşük olan (%0,003) *Drägersorb 800 plus* kullanılması, CO oluşumuna en az yol açan sevofluran kullanılması CO oluşumunu engellemiştir. Grup A'da nemin iyi korunması, Grup B'de hafif kurumayla beraber nemin korunması, sistemin sıcaklığında kritik yükselmenin olmaması sonucunda CO ölçülemedi. CO oluşumunda diğer bir etmen anestezi ajan yoğunluğudur (3). Ancak, çalışmamız boyunca sabit % 2,1 end-tidal sevofluran yoğunluğu sağlamamız CO'ün ölçülememesine katkıda bulunmuş olabilir.

Taze absorban beyaz renktedir. Absorbanın CO₂ ile reaksiyonu sonucu pH'ı kritik sınırın altına (pH<10.3) inerek mor renge dönüşür (42). Hem kuruma, hemde tükenme absorbanda renk değişimine yol açar (20). Oluşan mor renk, absorban kullanılmadığında NaOH ve KOH'un rejenere olması (5,11), floresan ışığına maruz kalması (20) sonucu ilk rengine dönebilir. Genel olarak klinik pratikte absorbanların değiştirme zamanı renk değişimine göre yapılmaktadır. Bu metodun subjektif olduğu, klinikte hastanın CO₂ birikimi açısından da izlenmesi gerektiği bildirilmektedir (8). 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.

Kanister içinden geçen ekspirasyon havasının, kanisterin st ve orta bölümlerden daha fazla geçmesine bağlı olarak morarma bu bölümlerde daha fazla oluşmaktadırdır. Bu nedenle kanister dışından morarma miktarının doğru tespit edilmesi zorlaşmaktadırdır. Gerçekte gelişen morarma oranı daha fazla olmuş olabilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER:

Klinik koşulların taklit edildiği çalışmamızın sonuçlarına göre; APSF'nin absorbanların kullanımı konusunda yapmış olduğu önerilere uyulmasının, Dragorsorb 800 plus'ın kullanım süresini yaklaşık % 50 uzattığı, sistemin sıcaklık ve nem düzeylerinin daha iyi korunduğu sonucuna varılmıştır.

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

Klinik uygulamalarda absorbanların kullanım klavuzlarının oluşturulması ve APSF'nin kurallarına uyulmasının daha güvenli ve ekonomik olacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR:

1. Baum J, Woehlick H. Interaction of inhalational anaesthetics with CO₂ absorbents. Best practise&Research Clinical Anaesthesiology 2003;17:63-76
2. Knolle E, Heinze G, Gilly H. Small carbon monoxide formation in absorbents does not correlate with small carbon dioxide absorbtion. Anesth Analg 2002;95:650-5
3. Struys F, Bouche A, Rolly G, et al. Production of compound-A and carbon monoxide in circle systems. An invitro comparison of two carbon dioxide absorbents Anaesthesia 2004;59:584-89
4. Murray JM, Renfrew CW, Bedi A, et al. Amsorb: a new carbondioxide absorbent for use in anesthetic breathing system. Anesthesiology 1999;91:1342-1348
5. Holak EJ, Mei DA, Dunning MB, et al. Carbon monoxide production from sevoflurane breakdown: Modeling of exposures under clinical conditions. Anesth Analg 2003;96:757-64
6. Laster MJ, Eger EI. Temperatures in soda lime during degradation of desfluran, izofluran, and sevoflurane by desiccated soda lime. Anesth Analg 2005;101:753-7
7. Barth CD, Dunning MB, Bretscher L, et al. Barium hydroxides lime turns yellow after desiccation. Anesth Analg 2005;101:748-52
8. Coppens J, Versichelen M, Rolly G, et al. The mechanisms of carbon monoxide production by inhalational agents. Anaesthesia 2006;61.462-68
9. APSF, by Michael A. Olympio. Carbon dioxide asorbents desiccation safety conference convened by APSF newsletter the official of the anesthesia patient safety foundation. 2005;20:25-44
10. Miller RD, Fleisher LA, Johns RA et al. Anesthetic Circuits. Sixth edition. USA, 2005; 34,41,295
11. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ Larson CP. Karbondioksit absorbanı: Klinik Anesteziyoloji. 3. Baskı, Ankara, 2004: 33-34
12. Tomatır E. Solutma sistemleri-Teknik özellikler ve işlev: Düşük Akımlı Anestezi. 1. Baskı, İstanbul, 2002,16-18
13. Kayhan Z. Anesteziye kullanılan araç-gereç: Klinik Anestezi. 3. baskı, İstanbul, Logos Yayıncılık Tic. A.Ş. 2004, 126-150
14. Shunji K, Hiromichi B, Koji M, et al. Amsorb plus and dragersorb free, two generation carbon dioxide absorbents that produce a low compound A concentration while providing sufficient CO₂ absorbtion capacity in simulated sevoflurane anesthesia. J Anesth 2004;18:277-281
15. Pond D, Jaffe RA, Brock JG. Failure to detect CO₂ -absorbent exhaustion: seeing and believing. Anesthesiology 2000; 92:1196-1198

16. Strum D, Eger EI. The degradation, absorption, and solubility of volatile anesthetics in soda lime depend on water content. *Anesth Analg* 1994;78:340-348
17. Baum J, Van Aken H. Calcium hydroxide lime – a new carbondioxide absorbent: a rationale for judicious use of different absorbents. *EJA* 2000;17:597-600
18. Ueyama H, Takashina M, Suzuki T, et al. Warning: carbon dioxide absorbtion capacity of Amsorb was unexpectedly low-flow anesthesia. *Anesthesiology* 2000;93:1560
19. Knolle E, Linert w, Gilly H. The color change in CO₂ absorbents on drying: an in vitro study using moisture analysis. *Anesth Analg* 2003;97:151-155
20. Mirakhur RK. Carbon dioxide absorption during anaesthesia. *Royal College of Anaesthetists Newsletter* January. 2000;50:287-289
21. Saygı N. Çocuklarda düşük akımlı anestezinin uygulanabilirliği ve güvenilirliği. Uzmanlık Tezi. İstanbul, 2001. CTÜF
22. Chen YH, Chen CL, Chung YT, et al. The valid time of soda lime could be safety prolonged according to the inspired pressure of carbon dioxide. *Acta Anaesthesiol Taiwan* 2004;42:199-202
23. Hirabayashi G, Uchino H, Sagara T, et al. Effects of temperature gradient corection of carbon dioxide absorption. *Br J Anaesth* 2006;97:571-575
24. Mchaourab A, Arain SH, Ebert TJ. Lack of degradation of sevoflurane by a new carbon dioxide absorbent in humans. *Anesthesiology* 2001;94:1007-9
25. Keijzer C, Perez R, Lange J. Carbon monoxide production from five volatile anesthetics in dry sodalime in a patient model:halothan and sevofluran to produce carbon monoxide;temperature is a poor predictor of carbon monoxide production. *BMC Anesthesiology* 2005;5:1-7
26. Higuchi H, Adachi Y, Arimura S, et al. Compound A concentrations during low-flow sevoflurane anesthesia correlate directly with the concentration of monovalent bases in carbon dioxide absorbents. *Anesth Analg* 2000;91.434-439
27. Filippo AD, Marini F, Pacenti M, et al. Sevoflurane low-flow anaesthesia: best strategy to reduce compound-A concentration. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:1017-20
28. Versichelen LF, Bouche MP, Rolly G, et al. Only carbon dioxide absorbents free of both NaOH and KOH do not generate compound A during in vitro closed-system sevoflurane. *Anesthesiology* 2001;95:750-755
29. Hiduchi H, Adachi, Arimura S, et al. The carbon dioxide absorbtion capacity of amsorb is half that of soda lime. *Anesth Analg* 2001;93:221-5
30. Laster M, Roth P, Eger EI. Fires from the interaction of anesthetics with desiccated absorbent. *Anesth Analg* 2004; 99: 769-74

31. Keijzer C, Perez RS, Lange JJ. Carbon monoxide production from desflurane and six types of carbon dioxide absorbents in a patient model. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49:815-818
32. Wu J, Previte JP, Adler E, et al. Spontaneous ignition, explosion, and fire with sevoflurane and barium hydroxide lime. *Anesthesiology* 2004;101:534-7
33. Funk W, Gruber M, Hobbhahn W and J. Dry soda lime markedly degrades sevoflurane during simulated inhalation induction. *Br J Anaesth* 1999;82:193-198
34. Stachnik J. Inhaled anesthetic agents. *Am J Health-Syst Pharm* 2006;63:623-634
35. Kobayashi S, Bito H, Obata Y, et al. Compound-A concentration in the circle absorber system during low-flow sevoflurane anesthesia: comparison of dragersorb free, amsorb, and sodasorb-II. *Journal of Clinical Anesthesia* 2003;15:33-37
36. Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK. CO₂ Absorbents. *Clinical Anesthesia* 2006;5:1-6
37. Bremerich D, Dudziak R, Behne M. Carbon dioxide absorption: toxicity from sevoflurane and desflurane. *Current Opinion in Anaesthesio* 1999;12:455-459
38. Morio M, Fujii K, Satoh N, et al. Reaction of sevoflurane and its degradation products with soda lime. *Anesthesiology* 1992;77:1155-1164
39. Bito H, Ikeda K. Effect of total flow rate on the concentration of degradation products generated by reaction between sevoflurane and soda lime. *Br J Anaesth* 1995;74:667-669
40. Conzen PF. Degradation of inhalation anaesthetics by CO₂ absorbers. *Anaesth and Intensive Care* 1999
41. Baum J, Sachs G, Driesch C, et al. Carbon monoxide generation in carbon dioxide absorbents. *Anesth Analg* 1995;81:144-146
42. Woehlck HJ, Dunning M, Raza T, et al. Physical factors affecting the production of carbon monoxide from anesthetic breakdown. *Anesthesiology* 2001;94:453-456
43. Knolle E, Heinze G, Gilly H. Carbon monoxide formation in dry soda lime is prolonged at low gas flow. *Anesth Analg* 2002; 93:488-493
44. Knolle E, Linert W, Gilly H. Using amsorb to detect dehydration of CO₂ absorbents containing strong base. *Anesthesiology* 2002;97:454-9

45. 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 Anaesth* 2003;17:145-146
46. Russ J.C. "The Image Processing Handbook", 3rd ed, CRC press, 1999. pp. 165-173, USA.
47. J.Serra: "Image Analysis and Mathematical Morphology", academic press, London, 1982.
48. Vincent, L. Morphological area openings and closings for grey-scale images. In Proceedings of the Workshop "Shape in Picture", September 1992, Driebergen, The Netherlands, Springer-Verlag, pp 197-208
49. F. R. D. Velasco, "Thresholding using the isodata clustering algorithm,' *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. SMC-10*, pp. 771–774 (November 1980).

Anestezi Süreleri	TARİH	Anest 0	Anest 60	ISI 0	ISI 30	ISI 60	NEM 0	NEM 30	NEM 60	IMCO ₂ 0	IMCO ₂ 30	IMCO ₂ 60	CO ppm	CO 30	CO 60	RENK	Kg
1. saat	.../.../06																
2. saat	.../.../06																
3. saat	.../.../06																
4. saat	.../.../06																
5. saat	.../.../06																
6. saat	.../.../06																
7. saat	.../.../06																
8. saat	.../.../06																
9. saat	.../.../06																
10. saat	.../.../06																
11. saat	.../.../06																
12. saat	.../.../06																
13. saat	.../.../06																
14. saat	.../.../06																
15. saat	.../.../06																
16. saat	.../.../06																
17. saat	.../.../06																
18. saat	.../.../06																
19. saat	.../.../06																
20. saat	.../.../06																
21. saat	.../.../06																
22. saat	.../.../06																
23. saat	.../.../06																
24. saat	.../.../06																

	TARİH	Anest 0	Anest 60	ISI 0	ISI 30	ISI 60	NEM 0	NEM 30	NEM 60	IMCO ₂ 0	IMCO ₂ 30	IMCO ₂ 60	CO 0	CO 30	CO 60	RENK	Kg
25.saat	.../.../06																
26. saat	.../.../06																
27.saat	.../.../06																
28.saat	.../.../06																
29.saat	.../.../06																
30. saat	.../.../06																
31.saat	.../.../06																
32.saat	.../.../06																
33.saat	.../.../06																
34. saat	.../.../06																
35.saat	.../.../06																
36.saat	.../.../06																
37.saat	.../.../06																
38. saat	.../.../06																
39.saat	.../.../06																
40.saat	.../.../06																
41.saat	.../.../06																
42.saat	.../.../06																
43.saat	.../.../06																
44.saat	.../.../06																
45.saat	.../.../06																
46.saat	.../.../06																
47.saat	.../.../06																
48.saat	.../.../06																

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
KLİNİK VE LABORATUVAR ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU

Tarih ve Sayı: 16.02.2007/64

<p><u>Etik Kurul Üyeleri</u> Prof.Dr.Taner ÇAMSARI Prof.Dr.Tunç ALKIN Doç.Dr.M.Hakan ÖZDEMİR Doç.Dr.Ayça Arzu SAYINER Doç.Dr.Vesile ÖZTÜRK Doç.Dr.Mustafa SEÇİL Doç.Dr.Murat DUMAN Doç.Dr.Güven ASLAN Yard.Doç.Dr.Murat ÖRMEN Öğr.Gör.Uzm.Dr.Ahmet Can BİLGİN Yunus Karlı</p> <p><u>Etik Kurul Başkanı</u> Prof.Dr.Faner ÇAMSARI</p>	<p style="text-align: center;">DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA,</p> <p>Etik Kurulumuzun 15 Şubat 2007 tarih ve 01/05/2007 no.lu toplantısında 273/2006 Protokol numaralı Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Tıpta uzmanlık öğrencisi Dr.Nilay BOZTAŞ'ın sorumlu olduğu "Dragersorb 800 Plus'ın "Anesthesia patient safety foundation" önerilerine uygun kullanımı ile bu önerilere uyulmamasının etkilerinin deneysel olarak karşılaştırılması" isimli projenin isminin; "Dragersorb 800 Plus'ın "Anestezi Hasta Güvenliği Kuruluşu" önerilerine uygun kullanımı ile bu önerilere uyulmamasının etkilerinin deneysel olarak karşılaştırılması" olarak değiştirilerek projenin uygulanmasında etik açıdan sakınca yoktur.</p> <p>Katılanların oy birliği ile karar verilmiştir.</p> <p>Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.</p> <div style="text-align: right;">  Prof. Dr.Tunç ALKIN Klinik ve Laboratuvar Araştırmaları Etik Kurul Başkanı Yard. </div>
<p><u>Etik Kurul Sekreteri</u> Hatice İĞCI</p>	

Tel: 0232 412 22 54