

# Acil Serviste Kapnografi Kullanımı

## Capnography Use in the Emergency Department

Orhan ÇINAR

Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Acil Tıp Anabilim Dalı, Ankara

### ÖZET

Karbondiyoksit kısmi basıncının solunum sırasında havayolundan ölçülmesine kapnografi denir. İnvaziv olmama avantajına sahip bu yöntemle hastanın metabolik durumu, perfüzyonu ve en önemlisi ventilasyonu hakkında anlık bilgi elde edilebilir. Güncel rehberlerde endotrakeal entübasyonun doğrulanmasında rutin olarak kullanılması önerilen kapnografinin acil serviste daha birçok potansiyel kullanım alanı bulunmaktadır. Bu derlemede, kapnografinin acil servis kullanım alanlarının tartışılması amaçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Acil; end tidal CO<sub>2</sub>; kapnografi.

### SUMMARY

Capnography is the measurement of carbon dioxide partial pressure from the airway during respiration. This non-invasive method can provide us real-time information on metabolism, perfusion and ventilation. Current emergency guidelines are suggesting the use of capnograph for confirming endotracheal intubation. Moreover, it has the potential to be use in many different clinical situations in the emergency department. Aim of this review is to discuss the clinical applications of capnography in the emergency department.

**Key words:** Emergency; end tidal CO<sub>2</sub>; capnography.

### Giriş

Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>) kısmi basıncının solunum sırasında havayolundan ölçülmesine kapnografi denir.<sup>[1]</sup> İnvaziv olmama avantajına sahip bu yöntemle hastanın metabolik durumu, perfüzyonu ve en önemlisi ventilasyonu hakkında anlık bilgi elde edilebilir. Anesteziye hasta takibinde 20 yıldır rutin olarak kullanılan kapnografinin,<sup>[2]</sup> acil pratiğinde kullanımı ancak teknolojik gelişmelerin kızılotesi spektrofotometrik yöntemlerle CO<sub>2</sub> analizi yapılmasına olanak sağlamasıyla başlamıştır. Çünkü bu yöntemle acil servis kullanımına uygun elde taşınabilir ve düşük maliyetli cihazlar üretilmesi mümkün olmuştur (Şekil 1). Acil serviste kapnografi kullanımı koroner perfüzyon basıncının bir göstergesi olarak Kardiyoloji Pulmoner Resüsitasyon (KPR) çalışmaları ile başlamış,<sup>[3]</sup> ancak ismini daha çok endotrakeal entübasyonun doğrulanmasıyla duyurmuştur.<sup>[4]</sup> Fakat son yıllarda acil serviste girişimsel sedasyon analjezi<sup>[5]</sup> başta olmak üzere, KPR etkinliğinin değerlendirilmesi,<sup>[6]</sup> bilinci kapalı hastada ventilasyon takibi,<sup>[7]</sup> solunum hastalıklarının değerlendirilmesi<sup>[8]</sup> gibi birçok alanda kullanımı gündeme gelmiştir.

Bu derlemenin amacı acil serviste kapnografi kullanım alanlarının detaylı bir şekilde tartışılmasıdır. Ancak bunun öncesinde, acil tıp için yeni olan bu konuda, altta yatan temel kavramların bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle yazının ilk bölümleri okuyucu için sıkıcı olmamasına özen gösterilerek CO<sub>2</sub> fizyolojisi, CO<sub>2</sub> ölçüm yöntemleri, terminoloji ve teknoloji konularına ayrılmıştır.

### Temel Kavramlar

#### CO<sub>2</sub> Fizyolojisi

Aerobik metabolizmanın bir ürünü olarak dokularda üretilen CO<sub>2</sub> pasif olarak dolaşıma geçer. Metabolizmayı artıran ateş, egzersiz, sepsis, travma, yanık vb. durumlar CO<sub>2</sub> üretimini, dolayısıyla atılan CO<sub>2</sub> miktarını da artırır. Bunun yanında metabolik ihtiyacın azaldığı hipotermi, sedasyon, paraliz gibi durumlarda üretilen ve atılan CO<sub>2</sub> miktarı da düşer. Dolaşımda CO<sub>2</sub> 3 farklı şekilde taşınır. 1) HCO<sub>3</sub> formunda (%70-%80) 2) Plazma proteinlerine bağlı (%10-%20) (çoğunlukla hemoglobin) 3) Serbest olarak (%5-%10). Dolaşımın bozul-

**Geliş tarihi (Submitted):** 4.06.2011 **Kabul tarihi (Accepted):** 15.06.2011

**İletişim (Correspondence):** Dr. Orhan Çınar. Gata Acil Tıp Anabilim Dalı, Etlik, 06018 Ankara, Turkey

**e-posta (e-mail):** orhancinar@yahoo.com



**Şekil 1.** Kapnograf.  
www.medlab-gmbh.de adresinden izinle alınmıştır.

ması da CO<sub>2</sub> miktarını etkileyen faktörlerdendir. Örneğin kardiyak arrest durumunda akciğere taşınan CO<sub>2</sub> miktarı düşeceğinden, atılan CO<sub>2</sub> miktarının da düştüğü gözlenir. Dolaşımın kısmi olarak kesintiye uğradığı pulmoner emboli gibi durumlarda da atılan CO<sub>2</sub> miktarında azalma olur. CO<sub>2</sub> dolaşımından alveoler boşluğa, pulmoner kapiller endotel, interstisyel sıvı ve alveoler duvarı geçerek ulaşır. Bu bölümlerde geçişi zorlaştıracak patolojilerin CO<sub>2</sub> miktarını azaltacağı kabul edilir.<sup>[9]</sup>

Belli bir zaman diliminde akciğerlere girip çıkan toplam hava miktarı dakika ventilasyon olarak adlandırılır ve litre/dakika olarak ifade edilir. Bu havanın alveollerde gaz değişimine ka-

tilan kısmına alveoler ventilasyon ismi verilir. Geriye kalan kısım ise ölü boşluk ventilasyonu olarak isimlendirilir ve anatomik ve fizyolojik olarak ikiye ayrılır. Havayolunun hacminin kendisi anatomik ölü boşluk olarak isimlendirilir ve arteriyel CO<sub>2</sub> basıncı ile solunum sonu CO<sub>2</sub> basıncı arasındaki 2-5 mmHg'lık fark bu boşlukla açıklanır. Fizyolojik ölü boşluk ise ventilasyon/perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu sonucunda oluşur. Akciğerlerin az havalanan bölgeleri ya da az perfüze olan bölgelerinde CO<sub>2</sub> eliminasyonu da azalacağından atılan CO<sub>2</sub> miktarında düşüşe neden olur.<sup>[1]</sup>

### Terminoloji

Başlangıçta da belirtildiği üzere CO<sub>2</sub> kısmi basıncının solunum sırasında havayolundan ölçülmesine kapnografi denir. Ekspiryum sonunda elde edilen maksimum değer *end-tidal* CO<sub>2</sub> (ETCO<sub>2</sub>) olarak isimlendirilir. CO<sub>2</sub> değerini sayısal olarak bildiren cihazlara kapnometre, zaman veya hacime karşı grafik olarak gösterenlere ise kapnograf denir (Şekil 1).<sup>[1]</sup> Kapnograflarla elde edilen grafik ise kapnogram olarak isimlendirilir. Kapnogram ekspiryumla başlayan ve biten bir tidal solunuma karşılık gelir ve kapnogramda dikdörtgen şeklinde bir grafik elde edilir. Grafik 4 fazda incelenir (Şekil 2).

**Faz-1:** Ekspiryumun başında, havayolunu dolduran CO<sub>2</sub>'den fakir atmosfer havası ölçülür ve 0'a yakın değerler kaydedilir.

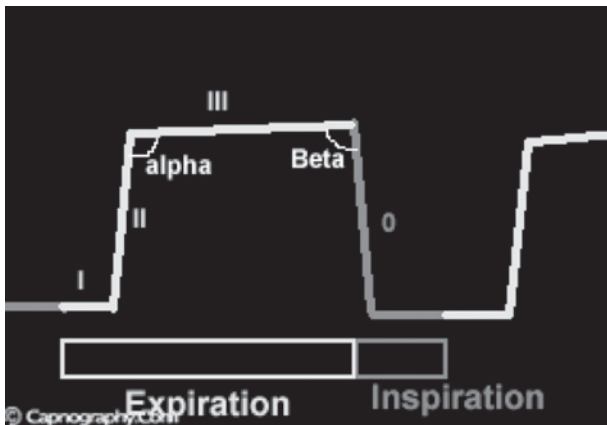
**Faz-2:** Ekspiryumun başlamasından hemen kısa bir süre sonra, anatomik boşluktaki atmosfer havası temizlendikten sonra, alveoler hava ile karışık atmosfer havası ölçülmeye başlanır ve CO<sub>2</sub> değeri hızla yükselir.

**Faz-3:** Ekspiryumun sonraki aşamasında atılan CO<sub>2</sub> miktarı sabit bir hale gelir ve bir plato oluşturur, burada ölçülen gaz alveoler havayı temsil eder. Bu platonun hafif yükselme eğiliminde olduğu gözlenir. Plato ekspiryum sonunda biter ve burada kaydedilen değer ETCO<sub>2</sub> olarak bilinir.

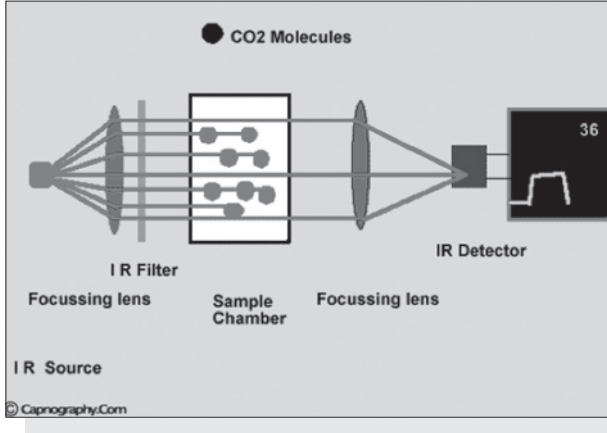
**Faz-0:** İnspiryumun başlaması ile birlikte atmosfer havası kaydedilmeye başlanır ve CO<sub>2</sub> miktarı hızla tekrar 0 düzeyine düşer. Faz-2 ve Faz-3 arasında oluşan açı 'Alfa', Faz-3 ve Faz-0 arasında oluşan açı 'Beta' olarak isimlendirilir. Bu açılar solunum sistemi patolojilerini değerlendirmede kullanılmaktadır.<sup>[10,11]</sup>

### Teknoloji

Solunum havasında CO<sub>2</sub> ölçümünde kütle spektrometre, moleküler korelasyon spektrometre, raman spektrometre, fotoakustik spektrometre gibi yöntemler kullanılabilse de günümüzde en çok tercih edilen yöntem kızılötesi spektrometre yöntemidir. Kızılötesi spektrometre tekniğinde, kızılötesi ışık gaz örneğinin içinden geçirilir ve fotodedektörle kaydedilir (Şekil 3). CO<sub>2</sub> 4.26 µm dalga boyundaki ışığı absorbe eder. Dolayısıyla bu dalga boyunda fotodedektörce kaydedilen miktar gaz örneğindeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu ile ters orantılı olur. Bu da CO<sub>2</sub> ölçümüne olanak sağlar.<sup>[12]</sup> Kapnograflar



**Şekil 2.** Normal kapnogram.  
Dr. Bhavani Shankar Kodali'nin izniyle  
www.capnography.com'dan alınmıştır.



**Şekil 3.** Infrared spektrometre.

Dr. Bhavani Shankar Kodali'nin izniyle  
www.capnography.com'dan alınmıştır.

küçük, elde taşınabilir ayrı cihazlar olarak ya da hasta başı monitörlerin bir parçası olarak satın alınabilirler.

Sensörün yerleşimine göre *mainstream* ve *sidestream* olmak üzere iki farklı ölçüm yöntemi vardır. *Mainstream* ölçüm yönteminde sensör hastanın havayoluna yerleştirilir ve ölçüm solunum havasında doğrudan yapılır (Şekil 4a). Bu yöntem daha ziyade entübe hastalarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. *Sidestream* yönteminde ise bir kateter yardımıyla solunum havasından bir örnek aspire edilir. Sensör hastanın havayolundan uzağa, monitörün içine yerleştirilmiştir. Aspire edilen örnekten analiz yapılır (Şekil 4b). Bu yöntem daha ziyade entübe olmayan hastalarda ölçüm yapmak üzere tasarlanmıştır. Her iki yönteminde kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. *Mainstream* ölçüm yöntemi doğrudan hava-

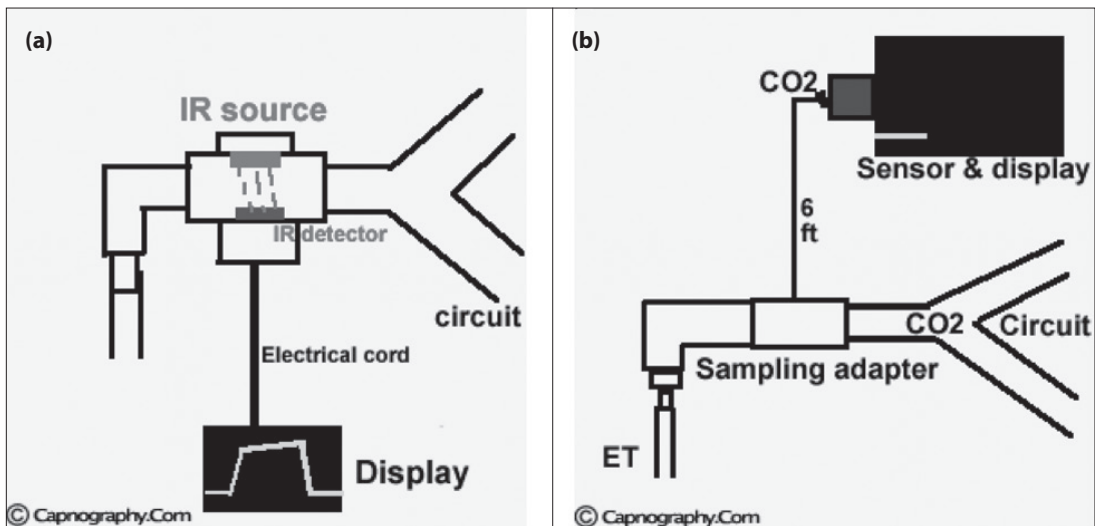
yolundan ölçüm yapma avantajına sahiptir, dolayısıyla doğru sonuçlar elde etme olasılığı artmaktadır. Fakat bu yöntem daha ziyade entübe hastalarda kullanılabilir. Sistem modifiye edilerek, bilinci açık ve bir adaptörün içine üflebilecek hastalarda da kullanılabilir. Yeni geliştirilen bir modelde (cap-ONE™; Nihon Kohden, Tokyo, Japan) entübe olmayan hastalarda *mainstream* tekniği kullanarak ölçüm yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu cihazlarda 30 gram kadar düşük ağırlıktaki fotodetektörler nazal kanül ve maskenin uç kısmına takılarak ölçüm yapılmaktadır. *Sidestream* yöntem ise hem entübe hastalarda, hem de entübe olmayan hastalarda kullanılabilme avantajına sahiptir. Fakat bu yöntemde aspirasyon kateterinin ölü boşluğu artırması, kateterin sıvı ve sekresyonlarla tıkanması gibi nedenlerle doğru sonuçlar elde etme olasılığı azalmaktadır. Ayrıca *sidestream* yönteminde analiz süresi de uzayabilmektedir.<sup>[13]</sup>

Kantitatif yöntemler yanında acil servis ve hastane öncesi acil bakım pratiğinde sıklıkla kullanılan kalitatif CO<sub>2</sub> takip yöntemleri de mevcuttur.<sup>[14]</sup> Bunlardan kolorimetrik ETCO<sub>2</sub> dedektörler endotrakeal entübasyonun doğrulanmasında ve tüp pozisyonunun takibinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu sistemler CO<sub>2</sub> ile reaksiyona girerek, hidrojen iyonu açığa çıkmasını sağlayan diskler içerirler. Oluşan pH değişikliği de genellikle mordan-sarıya bir renk değişikliğine neden olur. Bu ortamda %2'inin üzerinde CO<sub>2</sub> varlığı anlamına gelir.<sup>[15]</sup> Genellikle tek kullanımlık olan bu dedektörlerle saatlerce takip yapmak mümkün olabilir.

## Acil Serviste Kapnografi Kullanım Alanları

### Endotrakeal Entübasyonun Doğrulanması

Bu amaçla kapnografi kullanımı anestezide 20 yıl önce stan-



**Şekil 4.** (a) *Mainstream* ölçüm tekniği. (b) *Sidestream* ölçüm tekniği.

Dr. Bhavani Shankar Kodali'nin izniyle www.capnography.com'dan alınmıştır.

dart hasta bakımının bir gerekliliği olarak kabul edilmiştir ve rutin olarak kullanılmaktadır.<sup>[2]</sup> *American College of Emergency Physician* (ACEP) 10 yıl kadar önce kalitatif, kantitatif ya da sürekli ETCO<sub>2</sub> ölçümünün, yeterli doku perfüzyonu olan hastalarda, endotrakeal entübasyonun doğrulanmasında ve takibinde en doğru ve kolaylıkla uygulanabilir yöntem olduğunu duyurmuştur.<sup>[16]</sup> Amerikan Kalp Cemiyeti (AHA), 2000 yılı İleri Kardiyak Yaşam Desteği (ACLS) rehberinde entübasyonun doğrulanmasında perfüzyon sağlayan ritmi bulunan hastalarda CO<sub>2</sub> dedektörlerinin kullanımını tavsiye etmiştir.<sup>[17]</sup> AHA 2010 resüsitasyon rehberinde ise kapnograf kullanımının entübasyonun doğrulanmasında klinik değerlendirmeye ek olarak kullanılacak en geçerli yöntem olduğunu bildirmiştir (Sınıf I, Kanıt Düzeyi A).<sup>[6]</sup> Bu rehberler doğrultusunda acilde standart hasta bakımının bir parçası haline gelmesi beklenen kapnografi kullanımının pratikte yaygın olarak kullanılmadığı bilinmektedir.<sup>[14,18]</sup> Bu noktada endotrakeal entübasyonun doğrulanması amacıyla kapnografi kullanımının öneminin yeterince anlaşılmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle konunun detaylı tartışılması faydalı olacaktır.

İlk akla gelen sorulardan biri, "Vokal kordlardan tüpün geçtiğini işlem sırasında görmüş isek, tüpün yerinin ikincil yöntemlerle doğrulamaya gerek var mıdır?" sorusudur.

Özefajiyal entübasyon acil pratiğinde sık karşılaşılan bir sorundur. Sıklığının %5 ile %10 arasında değiştiği ve pediatrik hastalarda, hastane öncesinde ve deneyimsiz ellerde bu sıklığın daha da arttığı bilinmektedir.<sup>[19-21]</sup> ACEP 2001 yılında yayınladığı rehberinde<sup>[16]</sup> yukarıdaki soruyu yanıtlayan şu öneriye yer vermektedir: "Entübasyon tüpünün vokal kordlar arasından geçtiğinin gözlenmesi başarılı entübasyon için önemli bir delildir. Fakat bu görüntünün elde edilmesi havayolunun kan, sekresyon, kusma materyali ile dolu olduğu, anatomik yapının glottik açıklığı görmeye izin vermediği durumlarda mümkün olmayabilir. Deneyimsiz kişiler anatomik yapıları karıştırabilir ya da tüp yerinden çıkabilir. Bu nedenle entübasyon tüpünün vokal kordlar arasından geçtiği gözlenirse bile ikincil metodlarla tüp yerinin doğrulanması gerekir." Bu öneride ikincil metodlarla tüp yerinin doğrulanması gerektiği açıkça ifade edilmiştir. Yapılacak hatanın yani fark edilmeyen bir özefajiyal entübasyonun sonuçları katastrofik olacaktır. Bu nedenle tüp yerinin doğrulanması mutlaka gereklidir.

Peki, tüp yerinin doğrulanmasında hangi yöntem kullanılmalıdır? Diğer bir deyişle "Endotrakeal entübasyonun doğrulanması birçok yöntemle yapılabiliyorken, bu amaçla rutin olarak kapnografi kullanımı gerçekten gerekli midir?"

Endotrakeal entübasyonun doğrulanması amacıyla kullanılacak metodlar arasında 1) Akciğerlerin ve epigastrik bölgenin oskültasyonu, 2) Göğüs kafesi hareketlerinin gözlenmesi, 3) Entübasyon tüpünde buğulanma olması, 4) Oksijen

satürasyonu takibi, 5) Kapnografi sayılabilir. Bu metodların hepsinin, buna kapnografi de dahil olmak üzere kısıtlılıkları mevcuttur.

- 1) *Akciğerlerin ve epigastrik bölgenin oskültasyonu*: En sık kullanılan yöntemdir. Her iki tarafta da akciğer seslerinin duyulması ve epigastrik bölgede ses duyulmaması ile entübasyon tüpünün yeri doğrulanmış kabul edilir. Fakat girişimin yapıldığı yer her zaman bu seslerin rahatlıkla duyulabileceği kadar sessiz olmayabilir. Pozitif basınçlı ventilasyona ait akciğer sesleri normal akciğer seslerinden farklı olabilir ve deneyimsiz kişiler tarafından yanlış yorumlanabilir. Özefajiyal entübasyona rağmen seslerin yansımaları akciğer sesleri duyuluyormuş gibi algılanmasına neden olabilir.<sup>[22,23]</sup>
- 2) *Göğüs kafesi hareketlerinin gözlenmesi*: Hem endotrakeal hem de özefajiyal entübasyonda gözlenebilir.<sup>[22]</sup>
- 3) *Entübasyon tüpünde buğulanma olması*: Özefajiyal entübasyonların %75'inde görülebildiği bildirilmiştir.<sup>[24]</sup>
- 4) *Oksijen satürasyonu takibi*: Oksijen satürasyonunun özefajiyal entübasyon sonrası uzun süre düşmeyebileceği, aradaki sürenin kabul edilemeyecek kadar uzun olabileceği bilinmektedir. Bu anlamda kapnograflarla çok daha hızlı bir şekilde sonuç alınabilmektedir.<sup>[25,26]</sup>
- 5) *Kapnografi*: Konunun başında belirtildiği gibi hem AHA hem de ACEP rehberlerinde endotrakeal entübasyonun doğrulanmasında en geçerli yöntemin kapnografi olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında her iki rehberde de dolaşım ve perfüzyon konusuna dikkat çekildiği görülmektedir. Yeterli dolaşımı ve akciğer perfüzyonu olmayan hastalarda CO<sub>2</sub> atılımı da azalacağından, endotrakeal entübasyon gerçekleştirilmiş bile olsa kapnografi de bu durum tespit edilemeyebilir. Bu soruya yanıt arayan kardiyak arrest çalışmalarının ikisi kapnografinin entübasyonu doğrulamada %100 sensitivite ve %100 spesifitesine sahip olduğunu göstermiştir.<sup>[27,28]</sup> Bunun yanında 3 farklı çalışmada ise uzamış resüsitasyon ve transport durumunda sensitivitenin %64, spesifitenin ise %100 rapor edildiği görülmektedir.<sup>[29-31]</sup>

Hatalı pozitiflik durumu ise tüpün hipofarenkste olduğu, ya da balon maske ventilasyon sırasında mideye dolmuş olan havaya bağlı olarak görülebildiği bildirilmiştir.<sup>[32]</sup> Fakat bu durumun kısa süreli, geçici olduğu bilinmektedir. Bu nedenle değerlendirmenin 6 nefes sonra yapılması tavsiye edilmektedir.<sup>[1]</sup>

Sonuç olarak, endotrakeal entübasyon girişimi sonrası, tüpün arkasına rutin olarak yerleştirilecek kapnograf sayesinde pek çok durumda endotrakeal entübasyonun doğrulanmasının güvenle sağlanacağı dolayısıyla diğer yöntemlerin

kısıtlılıkları da göz önüne alınarak bu uygulamanın rutin olarak kullanılması gerektiğidir. Diğer taraftan kapnografinin kısıtlılıkları da unutulmamalıdır. Entübasyonun hem klinik değerlendirme ile hem de kapnografla teyit edilmesi en uygun yaklaşım olacaktır.

Burada bahsi geçen kapnografların monitörde dalga formunu takip edebildiğimiz tipte olduğunu, yani sayısal değer elde ettiğimiz fakat dalga formu göremediğimiz kapnometreler<sup>[28,33,34]</sup> ya da kolorimetrik CO<sub>2</sub> dedektörlerin<sup>[35-37]</sup> aynı şekilde başarılı sonuçlar vermediğini belirtmemiz gerekir. AHA resüsitasyon rehberinde, bu yöntemler ancak kapnografların olmadığı durumlarda alternatif olarak kullanımı tavsiye edilmektedir (Sınıf IIa, Öneri Düzeyi B).<sup>[6]</sup>

### Endotrakeal Tüp Pozisyonunun Takibi

Kapnograf sadece endotrakeal entübasyonu doğrulamak amacıyla değil tüp pozisyonunun takibinde de oldukça faydalıdır. Anestezi pratiğinde tüp pozisyonu takibi için hem ameliyathane ortamında hem de ameliyathane dışında ETCO<sub>2</sub> takibi standart hasta bakımının bir parçası olarak kabul görmüştür.<sup>[2]</sup> Benzer şekilde Avrupa Yoğun Bakım Birliği'nde kritik hastaların taşınması sırasında sürekli ETCO<sub>2</sub> takibi önermektedir.<sup>[38]</sup> Acil pratiğinden tüpün yerinden çıkma riskinin daha yüksek olduğu açıktır. Entübasyon sonrasında hastanın radyoloji, yatış gibi işlemler için acilden taşındığı durumlarda ya da diğer girişimler için hastanın pozisyonunun değiştirilmesi gerektiği durumlarda tüp yerinden çıkabilir. Özellikle hastane öncesi entübasyonlarda taşıma sırasında tüpün yerinden çıkması riski daha da yüksektir.<sup>[21,39]</sup> ETCO<sub>2</sub> değerinde ani bir düşme, kapnogram dalgasının kaybı ya da renk değişikliğinin olmaması sağlık personeline tüpün yerinden çıktığını ya da tıkanıldığını düşündürmelidir. Tüpün yerinden çıktığının fark edilmemesi durumu hasta için katastrofik sonuçlar doğurabilir. Hastane öncesinde bu oran %7 ile %10 arasında bildirilmiştir.<sup>[40,41]</sup> ETCO<sub>2</sub> takibinin bu alanda etkinliğini araştıran bir çalışmada kullanmayan grupta %23 oranında özefajiyal entübasyon bildirilirken, kullanan grupta bu oran %0 olarak rapor edilmiştir.<sup>[27]</sup> Başka bir çalışmada kapnografi kullanımı standart haline geldikten sonra özefajiyal entübasyon oranının %0.3'e düştüğü bildirilmiştir.<sup>[42]</sup>

Sonuç olarak, ETCO<sub>2</sub> takibinin acil pratiğinde endotrakeal entübasyon girişimi ile başlaması ve tüm taşıma ve acilde kalış süresince devam ettirilmesinin uygun bir yaklaşım şekli olacağı değerlendirilmektedir.

### KPR Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Kardiyak *output* ve ETCO<sub>2</sub> arasında pozitif bir ilişki olduğunun tespit edilmesi, KPR uygulamalarında da kapnograf kullanımının önünü açmıştır.<sup>[3,43,44]</sup> Kardiyak arrest durumunda göğüs kompresyonu olmaksızın ventilasyon uygulandığın-

da ETCO<sub>2</sub> değerinin bir süre sonra sıfırlandığı gözlenir. Göğüs kompresyonu ile birlikte akciğer perfüzyonundaki artış ETCO<sub>2</sub> miktarında da artışa neden olur. Be nedenle ETCO<sub>2</sub> değerleri etkin KPR'nin bir göstergesidir. ETCO<sub>2</sub> değerinde ani artış olması spontan dolaşımın geri döndüğünü (SDGD) düşündürür.<sup>[45-47]</sup> Hastane öncesi kardiyak arrest olguları üzerinde yapılan bir araştırmada hastanın nabzının alınamadığı durumlarda bile ritim değişikliklerinin ve akciğer perfüzyonunun erken bulgusu olarak ETCO<sub>2</sub> kullanılabileceği bildirilmiştir.<sup>[43]</sup> Benzer şekilde ve muhtemelen birbiriyle ilişkili olarak koroner perfüzyon basıncı ve ETCO<sub>2</sub> arasında da bir ilişki saptanmıştır.<sup>[3,48]</sup>

ETCO<sub>2</sub>'nin KPR sırasında uzun süre 10 mmHg altında kalması SDGD pek olası olmadığı anlamını taşır.<sup>[49-53]</sup> ETCO<sub>2</sub>'nin sağ kalım hakkında fikir verip veremeyeceğini değerlendiren iki çalışmanın ilkinde 10 mmHg'nın altında ETCO<sub>2</sub> değeri olan 127 olgudan sadece biri,<sup>[54]</sup> ikinci çalışmada ise 139 olgudan hiç biri sağ kalmamıştır.<sup>[51]</sup> Bir başka çalışmada ETCO<sub>2</sub> değerinin, KPR prognozunu değerlendirmede kardiyak sonografisine göre daha üstün olduğu saptanmıştır.<sup>[55]</sup>

AHA 2010 resüsitasyon rehberinde KPR kalitesinin takibinde, göğüs kompresyonlarının optimize edilmesinde ve SDGD'nin saptanmasında kapnografi kullanımının uygun olabileceği bildirilmektedir (Sınıf 2b, Kanıt Düzeyi C). ETCO<sub>2</sub>'nin <10 mmHg olduğu durumlarda KPR kalitesini artırmak için göğüs kompresyonlarının optimize edilmesine uğraşılması önerilmektedir (Sınıf 2b, Kanıt Düzeyi C). ETCO<sub>2</sub> değerinin aniden normal sınırlara (35-45 mmHg) gelmesinin SDGD bir göstergesi olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Sınıf 2a, Kanıt Düzeyi B).

KPR sırasında bikarbonat uygulamasının ETCO<sub>2</sub>'yi geçici olarak artırabileceği, adrenalin uygulamasının ise azaltabileceği akıld tutulmalı, bu geçici değişimler KPR etkinliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmemelidir.<sup>[6]</sup>

### Girişimsel Sedasyon ve Analjezi Sırasında Ventilasyon Takibi

Girişimsel sedasyon ve analjezi uygulaması, acil servis pratiğinin rutin bir parçası haline gelmiştir. Kullanılan ilaçların sık olarak solunum sistemi üzerinde olumsuz etkileri olabileceği bilinmekte ve bu nedenle hastanın oksijenasyon ve hemodinamik durumunun yakından takibi önerilmektedir.<sup>[56]</sup> Pulsoksimetre, kan basıncı ve solunum sayısı bu amaçla rutin olarak kullanılmaktadır. Oksijenasyon pulsoksimetre ile takip edilirken, hastanın ventilasyon durumu ise klinik olarak takip edilmektedir. Bu noktada akla şu soru gelmektedir:

*"Bu takip yeterli midir? Buna ETCO<sub>2</sub> takibinin eklenmesi bir katkı sağlayabilir mi?"*

*Sidestream* ölçüm yöntemi ile hastanın burnuna yerleştiril-

lecek nazal kanül yardımı ile ya da maskeye yerleştirilecek ek bir kateter vasıtasıyla hasta entübe değilken de rahatlıkla CO<sub>2</sub> ölçümü yapma fırsatına sahibiz. Eğer bir kapnograf kullanıyorsak hastanın solunumunun sıklığı ve derinliğini sürekli takip edebiliriz. ETCO<sub>2</sub> miktarında artış olması veya solunum paternindeki azalmalar solunum depresyonu olarak yorumlanır.<sup>[5]</sup> Bu ölçümlerin pulsoksimetre kullanımına göre avantajı bize erken dönemde bilgi vermesidir. Bilindiği üzere oksijen satürasyonu özellikle oksijen uygulanan hastalarda solunum depresyonu gelişse bile dakikalarca normal sınırlarda kalabilmektedir.<sup>[57]</sup>

Yakın zamanda yapılan tek kör prospektif bir çalışmada, kapnografi hastaların %70'inde pulsoksimetre ve klinik gözlemden ortalama 4 dakika önce solunum depresyonunu göstermiştir.<sup>[58]</sup> Çocuklar üzerinde yapılan bir başka çalışmada klinik gözlem, pulsoksimetre ve ETCO<sub>2</sub>'nin solunum depresyonunu tespit etme başarıları karşılaştırılmış ve hastaların %75'inin sadece ETCO<sub>2</sub> takibi ile tespit edilebildiği rapor edilmiştir.<sup>[59]</sup> Başka bir çalışmada ETCO<sub>2</sub> ile hastaların %50'sinden fazlasında hipoventilasyon, %25'inde apne saptanmasına rağmen, bu sonuçlardan habersiz sağlık personeli klinik gözlem ve pulsoksimetre ile hastaların hiçbirinde apne saptamazken, sadece %3'ünde hipoventilasyon bildirmişlerdir.<sup>[60]</sup> Acil serviste propofol uygulanan hastalarda kapnografi takibinin hipoksik olay sıklığı üzerine etkisini değerlendiren randomize kontrollü bir çalışmada, kapnografi grubunda %25 hipoksi gözlenirken, bu oran diğer grupta %42 olarak tespit edilmiştir. Kapnografi tüm hipoksik olayları başarıyla tespit etmiştir.<sup>[61]</sup> Fakat kapnografinin rutin olarak girişimsel analjezi sırasında kullanılmasının gereksiz olduğu yolunda görüşler de mevcuttur.<sup>[62]</sup> Kapnografinin saptadığı solunum depresyonu ve hipoksinin klinik olarak anlamlı olmadığı, yalnızca pozitiflik oranının yüksek olduğu, maliyetli olduğu ve her acil serviste bulunmadığı, dolayısıyla oksijen uygulanmadığı durumlarda O<sub>2</sub> satürasyonunun hipoksiyi takipte yeterli olacağı savunulmaktadır.

Sonuç olarak, ETCO<sub>2</sub> takibinin erken dönemde ve daha fazla sayıda hastada solunum depresyonunu gösterebildiği anlaşılmaktadır. Fakat bu başarının hastaların klinik durumu ve prognozu üzerine etkisi bilinmemektedir. Bu nedenle klinik rehberlerde sedasyon sırasında ETCO<sub>2</sub> takibi bir zorunluluktan ziyade öneri olarak yer almaktadır.<sup>[56,63]</sup> Kapnografların entübasyonun doğrulanması ve takibi amacıyla rutin olarak acilde kullanımı önerisi göz önüne alındığında, bu amaçla kapnograf kullanılan acillerde, önemli bir ek maliyet olmaksızın, sedasyon sırasında da kapnografi takibinin yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

### **Bilinci Kapalı Hastanın Ventilasyon Durumunun Takibi**

Acil serviste zehirlenme, serebrovasküler olay, travma gibi birçok nedene bağlı olarak bilinci kapalı durumda olan hasta

takip edilmektedir. Bu hastalarda solunum problemleri gelişebilir ve endotrakeal entübasyon gibi ileri hava yolu yöntemleri ile tedavileri gerekebilir. Solunum problemlerinin erken dönemde tespit edilmesi bu anlamda önem taşımaktadır. ETCO<sub>2</sub>'nin bu anlamda kullanıldığı ve fayda sağladığının rapor edildiği spesifik olarak nöbet geçiren hastalarda hipoksinin değerlendirildiği ve pulsoksimetreye göre daha başarılı bulunduğu bir çalışma<sup>[64]</sup> ve ilaç aşırı doz<sup>[7]</sup> vakalarında ETCO<sub>2</sub> takibinin kullanıldığı olgu sunumları bulunmaktadır.

### **Solunum Hastalıklarının Değerlendirilmesi**

Acil servise nefes darlığı ile başvuran hastalarda, özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) olan hastalarda sıklıkla parsiyel CO<sub>2</sub> basıncının görülmesine ihtiyaç duyulur. Bunun için ağırlı ve invaziv bir işlem olan arteriyel kan gazı örneğinin alınması gereklidir. Bunun yerine invaziv olmayan ETCO<sub>2</sub>'nin kullanılması farklı çalışmalarda değerlendirilmiş fakat çelişkili sonuçlar elde edilmiştir.<sup>[8,65-67]</sup> White ve ark.<sup>[43]</sup> nefes darlığı hastasının pCO<sub>2</sub> ve ETCO<sub>2</sub> değerlerini karşılaştırmışlar, ancak %38 ölçümün  $\pm 5$  mmHg aralığında yer aldığını, bunun ise klinik kullanım için uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Kartal ve ark.<sup>[67]</sup> KOAH'lı hastalarda, Jabre ve ark.<sup>[66]</sup> hastane öncesi nefes darlığı olan hastalarda bu uyumun klinik kullanım için yeterli olmadığı sonucuna varmışlardır. Burada ETCO<sub>2</sub>'nin akciğer hastalığı bulunan kişilerde pCO<sub>2</sub> değerini yansıtmayabileceği, mevcut patolojinin CO<sub>2</sub> geçişini önleyebileceği düşünülmektedir. Fakat Corbo ve ark.<sup>[8]</sup> astımlı hastalarda, bizim bir çalışmamızda<sup>[68]</sup> ise genel olarak nefes darlığı hastalarında bu uyumun klinik kullanım için yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bizim yorumumuz yazının başında belirttiğimiz *sidestream* ölçüm metodunun kısıtlılıklarının olumsuz sonuçlara neden olabileceği yönündedir. Zira olumsuz sonuçlar bildiren çalışmalarda *sidestream* ölçüm yönteminin kullanıldığı dikkat çekmektedir. Bu hasta grubunda her iki ölçüm tekniğini karşılaştıran çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Bir diğer husus ETCO<sub>2</sub>'nin artma ve azalma eğiliminin kullanılarak verilen tedavinin ve klinik durum hakkında fikir sahibi olunabilmesidir. PCO<sub>2</sub> ile uyumlu olmasa bile hastanın klinik takibinde önemli bilgiler elde edilebilir.

Kapnograf dalga formlarının analiz edilerek bronkospazm, V/Q bozukluğu ve klinik takipte kullanılabileceği fikri, kapnografi konusunda yeni bir ilgi alanıdır. Örneğin geniş alfa açısı ve artan plato eğimi bronkospazm bulgusu olarak değerlendirilmektedir (Şekil 5).<sup>[1]</sup> Spirometrik testlerle, plato eğiminin korelasyon gösterdiği, bunun spirometrik testlere edemeyen astımlı hastalarda kullanılabileceği fikri ortaya atılmıştır. Bununla birlikte alfa açısının tedaviye yanıtın değerlendirilmesi ve hasta takibinde kullanılabileceği düşünülmektedir.<sup>[69,70]</sup> Bir diğer kapnograf analizi ise ETCO<sub>2</sub> oranıdır. Alveoler platonun solunum sayısına bölünmesiyle elde



**Şekil 5.** Bronkospazm.

Dr. Bhavani Shankar Kodali'nin izniyle  
www.capnography.com'dan alınmıştır.

edilen bu oran havayolu direncinin bir göstergesi olarak kabul edilmiş ve astımlı çocuklarda hastaneye yatışı öngörebileceği fikri ortaya atılmıştır.<sup>[71]</sup>

Bu grup hastalarda bir diğer kullanım alanı ise pulmoner emboli tanısıdır.<sup>[72]</sup> Yazının başında belirttiğimiz gibi pulmoner emboli durumunda akciğerlerin etkilenen bölgesinde CO<sub>2</sub> atılımı da azalacaktır. Oluşan V/Q uyumsuzluğu ETCO<sub>2</sub> miktarında da düşüğe neden olacaktır. Yakın dönemde yapılan bir çalışmada ETCO<sub>2</sub> değerinin pulmoner emboli saptanan grupta belirgin olarak düşük bulunduğu (36.3'e 30.5 mmHg), 36 mmHg için negatif tahmin değerinin %96.6 olduğu ve pulmoner emboli tanısını dışlamada tek başına ya da Wells kriterleri ile birlikte kullanılabileceği öne sürülmüştür.<sup>[73]</sup> Fakat KOAH'lı hastalarda ve minör embolilerde kullanımı soru işareti oluşturmaktadır. ETCO<sub>2</sub>'nin pulmoner emboli tanısında D-dimer'in yerine ya da bununla birlikte kullanımı konusu ise daha fazla araştırma gerektirmektedir.

### Entübe Travma Hastalarında Ventilasyon Takibi

Entübe travma hastalarında kontrollü ventilasyon sağlanması gereklidir. Hastane öncesinde ventilasyon takibi için noninvasif ETCO<sub>2</sub> takibinin kullanılmasının uygun olacağı fikri ortaya atılmıştır. Davis ve ark.<sup>[74]</sup> hastane öncesinde ETCO<sub>2</sub> takibinin hiperventilasyon sıklığını (%5.6'e %13.4) azalttığı ve bunun mortalite üzerinde etkili olduğunu saptamışlardır. Helm ve ark.<sup>[75]</sup> entübe travma hastaları üzerinde yaptıkları randomize kontrollü bir çalışmada, kapnografi takibiyle normal ventile edilen hasta oranının belirgin daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır (%63'e %20). Entübasyonun doğrulanması ve tüp pozisyonunun takibi için rutin olarak önerilen kapnografi kullanımının, ek olarak ventilasyonu yönlendirmek için de kullanılması mantıklı bir yaklaşım gibi durmaktadır.

### Diğer Potansiyel Kullanım Alanları

İnvaziv olmayan kapnografi acil serviste kendine birçok yeni kullanım alanı yaratabilme potansiyeline sahiptir. Gelecek için potansiyel kullanım alanları arasında; metabolik bozukluğun dışlanması,<sup>[76]</sup> tanınması<sup>[77]</sup> ve takibi,<sup>[78]</sup> kör nazal entübasyon,<sup>[79]</sup> fiberoptik larengoskopi,<sup>[80]</sup> trakeostomi,<sup>[81]</sup> endot-

rakeal tüp kafının kontrolü<sup>[82]</sup> sayılabilir. Bunlara yakın gelecekte birçok yeni alanın ekleneceği öngörülmektedir.

### Kaynaklar

1. Nagler J, Krauss B. Capnography: a valuable tool for airway management. Emerg Med Clin North Am 2008;26:881-97.
2. American Society of Anesthesiologists. Standards for basic anesthetic monitoring. 2005 Last amended October 25, 2005; Approved October 21, 1986: Cited June 2011. Available at: <http://asahq.org/publicationsAndServices/standards/02.pdf>. (Accessed June 2, 2011).
3. Sanders AB, Atlas M, Ewy GA, Kern KB, Bragg S. Expired PCO<sub>2</sub> as an index of coronary perfusion pressure. Am J Emerg Med 1985;3:147-9.
4. Sanders AB. Capnometry in emergency medicine. Ann Emerg Med 1989;18:1287-90.
5. Krauss B, Hess DR. Capnography for procedural sedation and analgesia in the emergency department. Ann Emerg Med 2007;50:172-81.
6. Neumar RW, Otto CW, Link MS, Kronick SL, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 2010;122(18 Suppl 3):S729-67.
7. Davis DP, Patel RJ. Noninvasive capnometry for continuous monitoring of mental status: a tale of 2 patients. Am J Emerg Med 2006;24:752-4.
8. Corbo J, Bijur P, Lahn M, Gallagher EJ. Concordance between capnography and arterial blood gas measurements of carbon dioxide in acute asthma. Ann Emerg Med 2005;46:323-7.
9. Hess D. Capnometry. New York: McGraw-Hill; 1998.
10. Bhavani-Shankar K, Kumar AY, Moseley HS, Ahyee-Hallsworth R. Terminology and the current limitations of time capnography: a brief review. J Clin Monit 1995;11:175-82.
11. Bhavani-Shankar K, Philip JH. Defining segments and phases of a time capnogram. Anesth Analg 2000;91:973-7.
12. Radwan L. Infrared CO<sub>2</sub> analysis in expired air as a test of the pulmonary function. II. Capnographic tests. Pol Med J 1967;6:412-21.
13. Block FE Jr, McDonald JS. Sidestream versus mainstream carbon dioxide analyzers. J Clin Monit 1992;8:139-41.
14. Wang VJ, Krauss B. Carbon dioxide monitoring in emergency medicine training programs. Pediatr Emerg Care 2002;18:251-3.
15. Sullivan KJ, Kisson N, Goodwin SR. End-tidal carbon dioxide monitoring in pediatric emergencies. Pediatr Emerg Care 2005;21:327-35.
16. American College of Emergency Physicians. Verification of endotracheal intubation: policy statement. 2001; Available at: <http://www.acep.org/Content.aspx?id=29846&terms=en+dotracheal>. (Accessed 06.01.2011).
17. Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 6: advanced cardiovascular

- life support. Section 1: introduction to ACLS 2000. Overview of recommended changes in ACLS from the guidelines 2000 conference. The American heart association in collaboration with the international liaison committee on resuscitation. *Circulation* 2000;102(Suppl 8):I86-9.
18. Deiorio NM. Continuous end-tidal carbon dioxide monitoring for confirmation of endotracheal tube placement is neither widely available nor consistently applied by emergency physicians. *Emerg Med J* 2005;22:490-3.
  19. Schwartz DE, Matthay MA, Cohen NH. Death and other complications of emergency airway management in critically ill adults. A prospective investigation of 297 tracheal intubations. *Anesthesiology* 1995;82:367-76.
  20. Sakles JC, Laurin EG, Rantapaa AA, Panacek EA. Airway management in the emergency department: a one-year study of 610 tracheal intubations. *Ann Emerg Med* 1998;31:325-32.
  21. Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, et al. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg* 2007;104:619-23.
  22. Birmingham PK, Cheney FW, Ward RJ. Esophageal intubation: a review of detection techniques. *Anesth Analg* 1986;65:886-91.
  23. Batra AK, Cohn MA. Uneventful prolonged misdiagnosis of esophageal intubation. *Crit Care Med* 1983;11:763-4.
  24. Kelly JJ, Eynon CA, Kaplan JL, de Garavilla L, Dalsey WC. Use of tube condensation as an indicator of endotracheal tube placement. *Ann Emerg Med* 1998;31:575-8.
  25. Vaghadia H, Jenkins LC, Ford RW. Comparison of end-tidal carbon dioxide, oxygen saturation and clinical signs for the detection of oesophageal intubation. *Can J Anaesth* 1989;36:560-4.
  26. Guggenberger H, Lenz G, Federle R. Early detection of inadvertent oesophageal intubation: pulse oximetry vs. capnography. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989;33:112-5.
  27. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, et al. The effectiveness of out-of-hospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med* 2005;45:497-503.
  28. Grmec S. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. *Intensive Care Med* 2002;28:701-4.
  29. Takeda T, Tanigawa K, Tanaka H, Hayashi Y, Goto E, Tanaka K. The assessment of three methods to verify tracheal tube placement in the emergency setting. *Resuscitation* 2003;56:153-7.
  30. Tanigawa K, Takeda T, Goto E, Tanaka K. The efficacy of esophageal detector devices in verifying tracheal tube placement: a randomized cross-over study of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Anesth Analg* 2001;92:375-8.
  31. Tanigawa K, Takeda T, Goto E, Tanaka K. Accuracy and reliability of the self-inflating bulb to verify tracheal intubation in out-of-hospital cardiac arrest patients. *Anesthesiology* 2000;93:1432-6.
  32. Puntervoll SA, Søreide E, Jacewicz W, Bjelland E. Rapid detection of oesophageal intubation: take care when using colorimetric capnometry. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:455-7.
  33. Li J. Capnography alone is imperfect for endotracheal tube placement confirmation during emergency intubation. *J Emerg Med* 2001;20:223-9.
  34. Anton WR, Gordon RW, Jordan TM, Posner KL, Cheney FW. A disposable end-tidal CO<sub>2</sub> detector to verify endotracheal intubation. *Ann Emerg Med* 1991;20:271-5.
  35. MacLeod BA, Heller MB, Gerard J, Yealy DM, Menegazzi JJ. Verification of endotracheal tube placement with colorimetric end-tidal CO<sub>2</sub> detection. *Ann Emerg Med* 1991;20:267-70.
  36. Ornato JP, Shipley JB, Racht EM, Slovis CM, Wrenn KD, Pepe PE, et al. Multicenter study of a portable, hand-size, colorimetric end-tidal carbon dioxide detection device. *Ann Emerg Med* 1992;21:518-23.
  37. Varon AJ, Morrino J, Civetta JM. Clinical utility of a colorimetric end-tidal CO<sub>2</sub> detector in cardiopulmonary resuscitation and emergency intubation. *J Clin Monit* 1991;7:289-93.
  38. The Intensive Care Society. Guidelines for the transport of the critically ill adult. 2002; Available at: <http://www.ics.ac.uk/icmprof/downloads/icstransport2002mem.pdf>. (Accessed 06.01.2011).
  39. Katz SH, Falk JL. Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. *Ann Emerg Med* 2001;37:32-7.
  40. Jones JH, Murphy MP, Dickson RL, Somerville GG, Brizendine EJ. Emergency physician-verified out-of-hospital intubation: miss rates by paramedics. *Acad Emerg Med* 2004;11:707-9.
  41. Jemmett ME, Kendal KM, Fourre MW, Burton JH. Unrecognized misplacement of endotracheal tubes in a mixed urban to rural emergency medical services setting. *Acad Emerg Med* 2003;10:961-5.
  42. Wayne MA, Friedland E. Prehospital use of succinylcholine: a 20-year review. *Prehosp Emerg Care* 1999;3:107-9.
  43. White RD, Asplin BR. Out-of-hospital quantitative monitoring of end-tidal carbon dioxide pressure during CPR. *Ann Emerg Med* 1994;23:25-30.
  44. Ornato JP, Garnett AR, Glauser FL. Relationship between cardiac output and the end-tidal carbon dioxide tension. *Ann Emerg Med* 1990;19:1104-6.
  45. Entholzner E, Felber A, Mielke L, Hargasser S, Breinbauer B, von Hundelshausen B, et al. The determination of end-expiratory CO<sub>2</sub> during resuscitation. Experience and results with the Normocap 200 (Fa. Datex) in preclinical resuscitation conditions. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1992;27:473-6. [Abstract]
  46. Garnett AR, Ornato JP, Gonzalez ER, Johnson EB. End-tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 1987;257:512-5.
  47. Bhende MS, Karasic DG, Karasic RB. End-tidal carbon dioxide changes during cardiopulmonary resuscitation after experimental asphyxial cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 1996;14:349-50.
  48. Lewis LM, Stothert J, Standeven J, Chandel B, Kurtz M, Fortney J. Correlation of end-tidal CO<sub>2</sub> to cerebral perfusion dur-



- ing CPR. *Ann Emerg Med* 1992;21:1131-4.
49. Grmec S, Kupnik D. Does the Mainz Emergency Evaluation Scoring (MEES) in combination with capnometry (MEESc) help in the prognosis of outcome from cardiopulmonary resuscitation in a prehospital setting? *Resuscitation* 2003;58:89-96.
  50. Callaham M, Barton C. Prediction of outcome of cardiopulmonary resuscitation from end-tidal carbon dioxide concentration. *Crit Care Med* 1990;18:358-62.
  51. Grmec S, Klemen P. Does the end-tidal carbon dioxide (EtCO<sub>2</sub>) concentration have prognostic value during out-of-hospital cardiac arrest? *Eur J Emerg Med* 2001;8:263-9.
  52. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;337:301-6.
  53. Wayne MA, Levine RL, Miller CC. Use of end-tidal carbon dioxide to predict outcome in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1995;25:762-7.
  54. Ahrens T, Schallom L, Bettorf K, Ellner S, Hurt G, O'Mara V, et al. End-tidal carbon dioxide measurements as a prognostic indicator of outcome in cardiac arrest. *Am J Crit Care* 2001;10:391-8.
  55. Salen P, O'Connor R, Sierzenski P, Passarello B, Pancu D, Melanson S, et al. Can cardiac sonography and capnography be used independently and in combination to predict resuscitation outcomes? *Acad Emerg Med* 2001;8:610-5.
  56. Godwin SA, Caro DA, Wolf SJ, Jagoda AS, Charles R, Marett BE, et al. Clinical policy: procedural sedation and analgesia in the emergency department. *Ann Emerg Med* 2005;45:177-96.
  57. Fu ES, Downs JB, Schweiger JW, Miguel RV, Smith RA. Supplemental oxygen impairs detection of hypoventilation by pulse oximetry. *Chest* 2004;126:1552-8.
  58. Burton JH, Harrah JD, Germann CA, Dillon DC. Does end-tidal carbon dioxide monitoring detect respiratory events prior to current sedation monitoring practices? *Acad Emerg Med* 2006;13:500-4.
  59. Hart LS, Berns SD, Houck CS, Boenning DA. The value of end-tidal CO<sub>2</sub> monitoring when comparing three methods of conscious sedation for children undergoing painful procedures in the emergency department. *Pediatr Emerg Care* 1997;13:189-93.
  60. Lightdale JR, Goldmann DA, Feldman HA, Newburg AR, DiNardo JA, Fox VL. Microstream capnography improves patient monitoring during moderate sedation: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 2006;117:e1170-8.
  61. Deitch K, Miner J, Chudnofsky CR, Dominici P, Latta D. Does end tidal CO<sub>2</sub> monitoring during emergency department procedural sedation and analgesia with propofol decrease the incidence of hypoxic events? A randomized, controlled trial. *Ann Emerg Med* 2010;55:258-64.
  62. Sivilotti ML, Murray HE, Messenger DW. Does end-tidal CO<sub>2</sub> monitoring during emergency department procedural sedation and analgesia with propofol decrease the incidence of hypoxic events? *Ann Emerg Med* 2010;56:702-704.
  63. American Society of Anesthesiologists Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists. Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology* 2002;96:1004-17.
  64. Abramo TJ, Wiebe RA, Scott S, Goto CS, McIntire DD. Noninvasive capnometry monitoring for respiratory status during pediatric seizures. *Crit Care Med* 1997;25:1242-6.
  65. Delorme S, Freund Y, Renault R, Devilliers C, Castro S, Chopin S, et al. Concordance between capnography and capnia in adults admitted for acute dyspnea in an ED. *Am J Emerg Med* 2010;28:711-4.
  66. Jabre P, Jacob L, Auger H, Jaulin C, Monribot M, Aurore A, et al. Capnography monitoring in nonintubated patients with respiratory distress. *Am J Emerg Med* 2009;27:1056-9.
  67. Kartal M, Goksu E, Eray O, Isik S, Sayrac AV, Yigit OE, et al. The value of ET-CO<sub>2</sub> measurement for COPD patients in the emergency department. *Eur J Emerg Med* Mar 10 2010.
  68. Cinar O, Acar YA, Arziman I, Kilic E, Eyi YE, Ocal R. Can mainstream end-tidal carbon dioxide measurement accurately predict the arterial carbon dioxide level of patients with acute dyspnea in ED. *Am J Emerg Med* Jan 27 2011.
  69. Yaron M, Padyk P, Hutsinpillier M, Cairns CB. Utility of the expiratory capnogram in the assessment of bronchospasm. *Ann Emerg Med* 1996;28:403-7.
  70. Krauss B, Deykin A, Lam A, Ryoo JJ, Hampton DR, Schmitt PW, et al. Capnogram shape in obstructive lung disease. *Anesth Analg* 2005;100:884-8.
  71. Kunkov S, Pinedo V, Silver EJ, Crain EF. Predicting the need for hospitalization in acute childhood asthma using end-tidal capnography. *Pediatr Emerg Care* 2005;21:574-7.
  72. Bonderman D, Lang IM. End-tidal CO<sub>2</sub> for exclusion of suspected pulmonary embolism: a new partner for Wells? *Eur Respir J* 2010;35:723-4.
  73. Hemnes AR, Newman AL, Rosenbaum B, Barrett TW, Zhou C, Rice TW, et al. Bedside end-tidal CO<sub>2</sub> tension as a screening tool to exclude pulmonary embolism. *Eur Respir J* 2010;35:735-41.
  74. Davis DP, Dunford JV, Ochs M, Park K, Hoyt DB. The use of quantitative end-tidal capnometry to avoid inadvertent severe hyperventilation in patients with head injury after paramedic rapid sequence intubation. *J Trauma* 2004;56:808-14.
  75. Helm M, Schuster R, Hauke J, Lampl L. Tight control of prehospital ventilation by capnography in major trauma victims. *Br J Anaesth* 2003;90:327-32.
  76. Kartal M, Eray O, Rinnert S, Goksu E, Bektas F, Eken C. ET-CO<sub>2</sub>: a predictive tool for excluding metabolic disturbances in non-intubated patients. *Am J Emerg Med* 2011;29:65-9.
  77. Fearon DM, Steele DW. End-tidal carbon dioxide predicts the presence and severity of acidosis in children with diabetes. *Acad Emerg Med* 2002;9:1373-8.
  78. Garcia E, Abramo TJ, Okada P, Guzman DD, Reisch JS, Wiebe RA. Capnometry for noninvasive continuous monitoring of metabolic status in pediatric diabetic ketoacidosis. *Crit Care Med* 2003;31:2539-43.
  79. Mentzelopoulos SD, Augustatou CG, Papageorgiou EP. Capnography-guided nasotracheal intubation of a patient with a difficult airway and unwanted respiratory depression. *Anesth*

- Analg 1998;87:734-6.
80. Wolf LH, Gravenstein D. Capnography during fiberoptic bronchoscopy to verify tracheal intubation. *Anesth Analg* 1997;85:701-3.
81. Coleman NA, Power BM, van Heerden PV. The use of end-tidal carbon dioxide monitoring to confirm intratracheal cannula placement prior to percutaneous dilatational tracheostomy. *Anaesth Intensive Care* 2000;28:191-2.
82. Efrati S, Leonov Y, Oron A, Siman-Tov Y, Averbukh M, Lavrushevich A, et al. Optimization of endotracheal tube cuff filling by continuous upper airway carbon dioxide monitoring. *Anesth Analg* 2005;101:1081-8.