

KRİTİK HASTA BAKIMINDA KAPNOGRAFINİN ROLÜ*

Özgür KARCIOĞLU

Background.- In this article we reviewed the role of end-tidal CO₂ monitoring the critical care setting as a reliable predictor of tracheal intubation and outcome of patients in emergency setting. End-tidal CO₂ concentration level is reported to serve as a discriminating factor between survivors and non-survivors in case of cardiopulmonary collapse. Patients with certain levels of end-tidal CO₂ concentration had significantly lower rates of survival and return of spontaneous circulation. Published data also suggest that initial ETC2 concentration level can be an important predictor of successful endotracheal intubation in life-saving procedures. More prevalent utilization of capnograph will be a useful adjunct in both detecting endotracheal intubation and also guiding bedside monitoring of cardiopulmonary resuscitation.

Karcioğlu Ö. Role of capnography in critical care. *Cerrahpaşa J Med* 1998; 29 (4): 207-213.

End-tidal CO₂ monitörizasyonu veya kapnografik izlem, 1980'lerin başından beri modern anesteziyoloji ve reanimasyon ünitelerinde ve son birkaç yılda gelişmiş acil servislerde kritik hasta monitörizasyonunun önemli bir bileşeni konumuna yükselmiştir. Bu yöntem endotrakeal entübasyonun doğrulanması ve CPR etkinliğinin yatakbaşı izlenmesinin yanında hastanın yoğun bakım izleminde de yararlanılan bir teknik olmuştur.

Entübasyonun Doğrulanması

Kapnograflar kritik hastaya yapılan acil girişimlerde önemli bir komplikasyon olan özofageal entübasyonun erken saptanmasında güvenilir bir yol olmuştur.¹⁻³ Bu nedenle kapnografik izlenim operasyon odalarındaki birincil kullanım indikasyonu trakeal entübasyonun doğrulanması olmuş, aynı indikasyon yıllar sonra Acil Servislerdeki entübasyonlar için de kullanılmaya başlamıştır. Ülkemizde ise teknik olanaklar ilk kez Acil Servisimizde 1997 yılında böyle bir indikasyon ile Acil Servis koşullarında kapnograf izlemine izin vermiştir.

KISALTMALAR

CPR: Kardiyopulmoner Resusitasyon

ETPO₂: End-tidal Oksijen Basıncı

PtcCO₂: Transkutan CO₂ Basıncı

SDGD: Spontan Dolaşımın Geri Dönmesi

SaO₂: Arteriyel O₂ Satürasyonu

VCO₂: Venöz CO₂ düzeyi

Özefageal entübasyon durumunda midedeki az miktarda CO₂ gazı aygıt tarafından algılanabilirse de bu birkaç soluk sonrasında kaybolur ve ETCO₂ değeri sıfırlanır. Bu nedenle, ventilasyon veya perfüzyon bozukluğu düşünülmeyen hastanın end-tidal CO₂ değeri sıfıra yakın bir değeri gösterdiğinde özefageal entübasyondan kuşulanılmalıdır.

1995'te ACEP (*American College of Emergency Physicians*, Amerikan Acil Hekimleri Birliği) tarafından yayımlanan kılavuza⁴ göre; trekeal entübasyonun doğrulanmasında ekspire edilen CO₂ gazı monitörizasyonu acil tıp hekimlerince öğrenilmeli ve bu teknikten yararlanılmalıdır. İzlenen değerler olası özefageal entübasyonu düşündürüyorsa tübün yeri kontrol edilmeli ve gerekli müdahalede bulunmalıdır.

Endotrakeal entübasyonun doğruluğunun test edilmesinde alışagelmış teknikler,⁵⁻⁸ vokal kordların vizüalizasyonu, tübün kordların arasından geçtiğinin görülmesi, ventilasyondan sonra bilateral solunum seslerinin osküte edilmesi olarak sıralanır. Orofarinks anatomisinin kan, yabancı cisim gibi nedenlerle iyi görülemediği durumlarda bu işlemler gereği gibi yapılamaz. Bu zor koşullarda tübün yerleşiminin doğrulanması için ekspire edilen CO₂ gazının monitörize edilebilmesi gereklidir.

Entübasyondan sonra CO₂ 'nin ekspiryum havasında sürekli olarak varlığının saptanması tübün trakeal yerleşimini doğrular.² Ekspiryum havasında CO₂'nin varlığının saptanamaması tübün özefageal yerleşimini veya uzamış kardiyopulmoner arrest durumunda olduğu gibi bozulmuş vital organ perfüzyonuyla birlikte olan çok düşük alveoler CO₂ düzeylerini düşündürür.

CPR Etkinliğinin İzlenmesi

Arteriyel kan gazları, nabızların kontrolü, oksimetri CPR uygulamasının hemodinamik etkinliğinin izlemi için kullanılmaktadır. Diğerlerine oranla az invaziv bir monitörizasyon yöntemi ETC₂ izlemidir.⁵ Hayvan⁹⁻¹¹ ve insan¹² çalışmalarında ETC₂ düzeylerinin kardiyak output, koroner perfüzyon basıncı ve SDGD oranlarıyla yüksek korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.

End-Tidal Karbon Dioksit Analizi

Solunum döngüsünde ekspire edilen gazların analizi fizyolojinin anlaşılmasında ve birçok hastalığın tanınmasında yararlı olmuştur.^{6,7,13,14} Gaz analizinde başlıca 3 yol izlenmektedir.⁶

1. Mass spektrometri
2. Raman gaz analizi
3. Infrared absorpsiyon.

Çağdaş tıp pratiğinde kullanılan kapnografların çoğu 3. yöntem olan infrared absorpsiyon tekniği ile çalışmaktadır. İnfrared absorpsiyon yönteminde infrared ışık gaz örneğinin içinden geçirilir ve geçen ışığın yoğunluğu ölçülür. Bu yöntemle CO₂ gazını diğerlerinden ayıran özellik, 4.300 nm dalga boyunda bir tepe noktası oluşturmasıdır. Fakat anestetik gazlar (özellikle nitroz oksit), su buharı, CO ve O₂ de bu spektrumdaki ışığı absorbe ederler. Bu nedenle CO₂ ölçümünü zorlaştırırlar.

End-tidal PO_2 ($ETPO_2$); PAO_2 ve dolayısıyla PaO_2 değerinin tahmin edilmesinde kullanılabilir. Fakat bu yöntem değişken A-a (alveolo-arteriyel) gradient nedeniyle $ETCO_2$ analizi kadar yaygın kullanıma girememiştir.

$ETCO_2$ ölçümü iki şekilde anlatılabilir. Yüzde birimiyle konsantrasyon olarak (% $ETCO_2$), veya mm Hg cinsinden parsiyel CO_2 basıncı ($PETCO_2$) olarak ifade edilebilir. % konsantrasyon değerinin normal aralığı %4 ile %6'dır. Normal $PETCO_2$ 38 ± 4 mm Hg düzeyindedir.⁷ Aslında bu düzey $PaCO_2$ düzeyi ile korelasyon gösterir ve ondan yaklaşık olarak 3.5 mm Hg daha küçük bir değerdir.^{15,16} $PETCO_2$ değeri ölçümün yapıldığı yerin yüksekliğinden de etkilenir.

Ekspire edilen havadaki CO_2 konsantrasyonu 3 bileşenden etkilenir:

1. Sistemik metabolizmanın ürettiği CO_2 miktarı
2. Pulmoner kan akımı ve kardiyak output ile belirlenen CO_2 dolaşımı
3. CO_2 atılımından sorumlu olan solunum sistemi.

Kardiyak arrest durumunda sistemik metabolizma ve solunum göreceli olarak sabit tutulduğundan; $ETCO_2$ öncelikle akciğer perfüzyonu ve kardiyak outputu yansıtır. Hayvan deneyleri $ETCO_2$ ölçüm değerlerinin kardiyak output,^{11,17} miyokard perfüzyon basıncı^{9,10} ve SDGD veya başarılı rezisitasyon^{10,18,19} ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Ekspire edilen CO_2 analizi için solunum havasındaki CO_2 ölçümü veya deri yüzeyine elektrod yerleştirilmesi tekniğine dayanan transkutan CO_2 monitörleri olmak üzere 2 ölçüm yöntemi kullanılmıştır ve halen çağdaş tıp pratiğindeki yerini korumaktadır.⁷

a. Transkutan CO_2 Monitörleri: Kritik hasta bakımında yararlı olduğunun bilinmesine karşın genellikle pediatrik yoğun bakımlarda kullanılmaktadır.⁷ Hiçbir kontrendikasyonu yoktur. CO_2 veya oksijen elektrodu yapısındaki sensor ve bir ısıtma elemanı deri yüzeyine yerleştirilir. $PtCO_2$, PaO_2 'nin %75'ine yakın bir değer iken $PtcCO_2$ ise $PaCO_2$ 'nin % 130'u civarındadır.

Transkutan monitörlerin yaygın kullanılmamasının nedenleri, uzun ısınma zamanı, sensorun yerinde tutulmasındaki güçlükler ve yorumlama zorluğu olabilir.

b. Kapnometri-Kapnografi: Kapnometri ilk olarak 2. Dünya Savaşı sırasında denizaltılarda iç çevrenin durumunu izlemek için kullanılmıştır ve o yıllarda yalnızca atmosferdeki CO_2 'nin ölçümünde yararlanılmıştır.²⁰ Tıptaki kullanımı ise 1950'lerde deneysel anestezi sırasında ekspire edilen CO_2 'nin ölçülmesiyle başlamıştır. Küçük ve pratik aygıtlarla ekspire edilen CO_2 trasesinin sürekli monitörizasyonunun rutin anestezi pratiğinde yerini alması ise ancak 1980'lerin başında gerçekleşmiştir.²¹

Günümüzde ise kapnometri, genel anestezi uygulanmış hastaların metabolik ve solunumsal işlevlerinin durumunun gözlenmesinde vazgeçilmez bir yöntem olmuştur. En önemli kullanım yeri ise tübün yerinden çıkması veya tıkanması gibi istenmeyen hava yolu olaylarının erken saptanmasına yardımcı olmasıdır.²²⁻²⁸

CO₂ düzeyi bir dalga veya trase şeklinde gösterildiğinde kapnografi, parsiyel basınç cinsinden anlık ölçümler olarak ifade edildiğinde ise kapnometriden söz edilir.²⁹

Günümüzde iki tip ETCO₂ monitörü yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların her ikisi de CO₂ gazının infrared ışığı absorpsiyonu ilkesi ile çalışmaktadır.³⁰ Bu aygıtlar kritik hasta bakımı verilen acil servis, operasyon odası ve yoğun bakım birimlerinde solunumsal monitörizasyonda güvenilir ve net sayısal bilgi vermektedir.

Mainstream (Flow-Through) Kapnometer

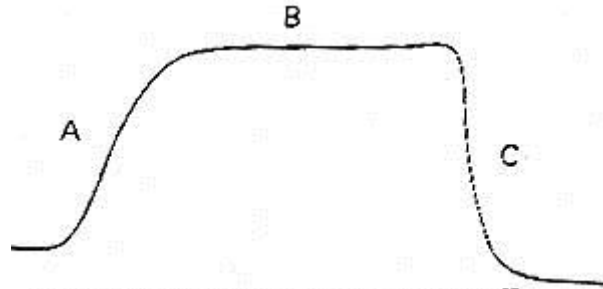
Bu aygıtların ölçüm başlığı endotrakeal tübün hemen yakınına yerleştirilir. Başlık, adaptörün içinden geçen CO₂ miktarını ölçer. İnfrared ışığın gazın içinden iletimi kaydedilir ve monitör bu yolla CO₂ konsantrasyonunu belirleyerek ekrana yansıtır. Ölçüm odacığı, aygıt çalışır durumda iken yaklaşık 40°C'ye kadar ısıtılır. Bu yolla su birikimi önlenmeye çalışılmaktadır. Aygıtın çalışmasıyla oluşan radyant sıcaklık deride yanıklara yol açabilmektedir.⁷ Bu aygıtlar inspire edilen CO₂'yi ölçemezler.

Sidestream (Aspirasyon) Kapnograf

Solunum devresi içindeki gazı sürekli olarak aspire ederek monitör içindeki örnekleme haznesinde analiz eden bir aygıttır. CO₂ konsantrasyonu, örnekleme haznesindeki infrared ışığın absorpsiyonu ve CO₂ içermeyen bir haznedeki absorpsiyon karşılaştırılarak belirlenir. Bu işlem ameliyathanede yapıldığında anestetik gaz solunum devresinden dışarıya sızarak odanın anestetik ajanla kontaminasyonuna yol açabilecektir. Örnekleme yüzdesi arttıkça sensitivite de yükselir.³¹ Örnekleme akım hızı 50 ile 400 ml/dak arasında ayarlanır. Yetişkinler için yaklaşık 200 ml/dak optimal değerdir.⁶ Örnekleme tübünün uzunluğu ve gazın akım hızına bağlı olarak gaz ölçümünde bir gecikme olur.

Kapnografik Dalga Formu (Waveform) Analizi

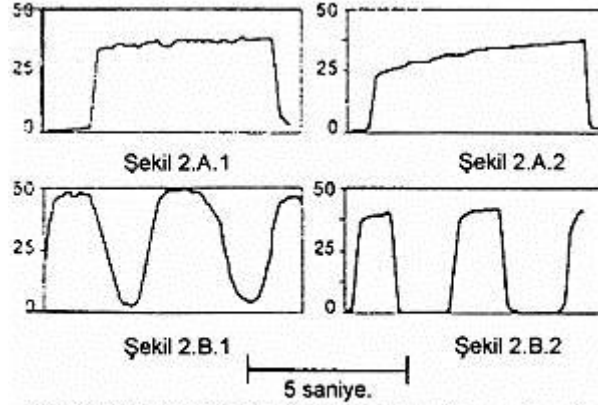
Normal bir kapnogram trasesi bir dikdörtgene benzer (Şekil 1). Başlangıçtaki hızlı çıkış (A) distal hava yollarında CO₂ 'nin hızla oluşmasına karşılık gelir. Düz bir çizgi şeklinde, hafif bir yükseliş trendi izleyen plato evresi (B) CO₂ gazının alveollerden komşu hava yollarına yayılıp ekspire edilirken homojenize olmasının sonucu ortaya çıkar. Bu yükselen plato evresinin sonu aynı zamanda ekspirasyonun da son evresidir. CO₂ değeri, işte bu evrede en yüksek konumunu almaktadır ve ölçülen erid-tidal CO₂ değeri bu rakamı gösterir. İnspirasyonda keskin bir iniş ile (C) kapnogram sıfırlanır.



Şekil 1. Ana çizgileriyle normal bir kapnogram trasesi.²⁷

Alışılmış kapnograf trasesinde tidal solunumdaki CO₂ değerinin zaman boyutundaki değişimi incelenir. Şekil 2'de değişik klinik koşullarda kapnografik wave-form örnekleri

gösterilmektedir. Kapnografik eğride en büyük pay alveolar platoya ayrılmıştır (Şekil 2.A.1). Bu platodaki hafif artışın en büyük nedeni ekspirasyonun sonuna doğru kapiller damardan alveollere geçen CO₂ konsantrasyonunun artmasıdır. Hava yolu tıkanması ve astmatik kriz gibi durumlarda ise ilk hızlı yükselme eğrisi daha yavaş bir çıkış gösterir, ayrıca plato oluşumu da görülmez.^{6,7,20} Bunun yerine normal plato fazından daha keskin bir çıkış görülür (Şekil 2.A.2). Kapnograf trasesinin son fazı inspire edilen havadaki CO₂ değeridir. Eğer ölü boşluk volümü tekrar solunuyorsa inspire edilen CO₂ değeri baseline değer üzerinde bir rakam olacaktır (Şekil 2.B.1). Bu sorunu önlemek için ölü boşluğu sıfırlamak yeterlidir (Şekil 2.B.2).



Şekil 2. Değişik klinik koşullarda kapnografik waveform'lar. Dikey ekseninde ETCO₂, yatay ekseninde zaman gösterilmiştir.

Klinisyen için kapnograf trasesinde özellikle pik (tepe) değeri önemlidir, çünkü bu değer alveoler CO₂ konsantrasyonunu en doğru yansıtan rakamdır.

Kapnogram anomalileri ve olası nedenleri: Kapnogram trasesindeki anomaliler 4 grupta toplanabilir.²⁹

Ekspire edilen gazda CO₂ bulunmaması: En sık olarak efektif solunum veya dolaşımın yapılamadığını düşündürür. Kardiyak arrest, özefageal entübasyon ve solunum devresinin ayrılması durumlarında görülür.

İnspire edilen gazda CO₂ bulunması: Tekrar-soluma yapıldığını düşündürür.

Ekspiratuar PCO₂ dalga formunun deforme olması:

Yükselmenin uzaması: Parsiyel havayolu tıkanması veya bronkospazmda görülebilir.

Plato eğiminin artması: Eşzamanlı olmayan akciğer boşalmasında, en sık KOAH ve bronkospazma durumunda olabilir.

ETCO₂'de sapsmalar olması: ETCO₂ artışı: Alveolar ventilasyonun azalması veya alveole ulaşan CO₂'nin artışı anlamına gelir ve hipoventilasyon, malign hipertemi, laparoskopide CO₂ absorpsiyonu; NaHCO₃ verilmesi, turnike açılması durumlarında görülür. ETCO₂ azalması: Alveolar ventilasyonun artması veya alveoldeki CO₂'nin azalması anlamına gelir ve hiperventilasyon, metabolizmanın yavaşlaması, hipotermi, düşük kardiyak output, pulmoner embolizm durumlarında görülür.

Kritik Hasta Bakımında Kapnografinin Yeri

Son yıllarda kapnografi giderek yaygınlaşarak Acil Servis ve Yoğun Bakımlarda kritik hasta monitörizasyonunda yararlanılan bir izlem aracı konumuna gelmiştir. End-tidal CO₂; Acil Servisten yoğun bakım birimine yatışı gerçekleştiremeyen kritik hastanın izleminde şok, pulmoner embolizm, akut kardiyak yetmezlik, ARDS gibi perfüzyon bozukluğuna neden olan sorunların gelişimini erken fark etmemiz için değerli bir habercidir.¹¹

Yeterli ventilasyon yaptırıldığını doğrulamak için end-tidal CO₂ konsantrasyonunun analizi özellikle anestezi monitörizasyon tekniği olarak kullanım alanı bulmuştur. Örneğin nöroşirürji operasyonlarında intrakranyal hipertansiyonun tedavisinde ventilasyon kontrolü ile PaCO₂ değerini düşürme girişiminin izlemi, ekspire edilen CO₂ analizi ile kolaylaşmaktadır.⁷

Kapnografik izlem, Acil Servislerde hastalara yapılan invaziv girişimler ve sedasyonun izlenmesi ve istenmeyen olayların erken fark edilmesinde yararlı olabilir. Acil Serviste ağırlı girişimler öncesinde sedasyon uygulanan 27 hastanın kapnometri ve nabız oksimetri ile izlemi Wright tarafından yapılmıştır.³⁴ Bilinçli sedasyon sırasında apne nöbetlerinin gözden kaçmasını engellemede nabız oksimetri ile kapnografinin güvenilirliklerinin yakın olduğunu bildirmişlerdir.

End-tidal CO₂ değeri ile parsiyel arteriyel CO₂ (PaCO₂) arasında fizyolojik koşullarda alveolar ölü boşluktan kaynaklanan 2 ile 5 mm Hg fark bulunmaktadır.^{6,29} Bu fark, ventile olduğu halde perfüze olmayan alveolleri gösterir. Kronik akciğer hastalıkları ve akciğer perfüzyonunda düşmeye yol açan herhangi bir akut sorun (hava embolisi, hipotansiyon, kardiyak outputta azalma gibi) alveolar ölü boşluğu artırır; ekspiryum havasında CO₂'yi seyreltir ve sonuçta end-tidal CO₂ değeri düşer.³⁵

PETCO₂ değerinin 45 mm Hg'nın üzerine çıkması hiperkapni adını alır ve aşağıdaki durumlardan biriyle birlikte bulunur.

- Artmış CO₂ üretimi. Örnek: Malign hipertermi veya herhangi bir nedenle ateş.
- Santral sinir sistemindeki solunum merkezinin depresyonu. Total ventilasyon azalır ve ETCO₂ değeri yükselir.³⁶ (örnek: kafa travması).
- Parsiyel paralizi, nörolojik hastalık, yüksek spinal anestezi, solunum kaslarında zayıflık veya akut respiratuar distres.

Kontrollü solunum yaptırılan hastalarda ETCO₂ değerinin yüksek bulunması durumunda öncelikle yetersiz mekanik ventilasyon düşünülmelidir. Total ventilasyon sabit tutulduğu halde ETCO₂ değeri yükselme trendi izliyorsa öncelikle ateş veya hipertermi düşünülmeli ve araştırılmalıdır. ETCO₂ değerinde anlık artışların nedenleri ise; turnikelerin gevşetilmesi, aort klemplerinin kaldırılması, IV sodyum bikarbonat (NaHCO₃) uygulanması, laparoskopi sırasında periton kavitesine CO₂ insuflasyonu ve mekanik ventilasyon sisteminde akut defektlerdir.⁶ Normalden düşük ETCO₂ değerleri en sık olarak hiperventilasyonu gösterir. Fakat normal PaCO₂'ye karşın ölü boşluk artışı durumunda da görülebilir. Örneğin akciğerlerin bir bölümü kanlanmazsa buradan gelen ekspiryum havası CO₂'den fakir olacak ve sonuçta ETCO₂ değeri düşük bulunacaktır. Benzer şekilde pulmoner embolizm durumunda ETCO₂ düşük olur.³ Kritik hasta izleminde end-tidal CO₂ değerinin ekspiryum sırasında aniden düşmesi solunum devresinde sürekliliğin bozulduğunu (disconnection) gösterir.

Kardiyak arrest koşullarında ise $ETCO_2$, VCO_2 'nin sifıra eşit olması nedeniyle sıfırlanacaktır. Bunun yanında akciğerlerin bir bölümü perfüze olur fakat ventile olmazsa (ör: atelektazi, sağ ana bronş entübasyonu) yüksek rejyonel $PaCO_2$ ve dolayısıyla yüksek ($PaCO_2$ - $ETCO_2$) değeri saptanır. Ventile hastaların izleminde bu özellikten PEEP kriteri olarak yararlanılmaktadır.³⁸ PEEP uygulaması ile bu $PaCO_2$ - $ETCO_2$ değerinin azaltılmasına çalışılır.³⁹

Anestetize hastanın kapnograf izleminde eğride çentiklenme görülmesi hastanın spontan solunumunun geri dönmeye başladığını haber verir. Aynı işaret CPR uygulanan hastada SDGD sağlandığının, veya başarılı CPR'un da ilk kanıtı olabilir.^{2,10,12,25,40}

Hayvan¹⁸ ve insan^{31,32} çalışmalarında $ETCO_2$ 'nin SDGD ilk habercisi olabildiği gösterilmiş. Bu teknik resusitasyon çabaları sonucunda yeterli organ perfüzyonu oluşturan bir kardiyak ritmin ortaya çıkabilmesi olasılığının tahmin edilebilmesine de olanak sağlamaktadır.

Hayden ve ark,⁴¹ kolorimetrik $ETCO_2$ ölçüm aygıtı ile yaptıkları çalışmada 566 entübasyonun 565'inde (%99.8) kolorimetrik değerlendirme ile doğru yanıt almıştır. Renk değişikliği SDGD oranı ile de bağlantılı bulunmuştur.

Yoğun Bakımdaki 50 olguda acil koşullarda yapılan entübasyonları inceleyen Ko ve ark,⁴² trakeal entübasyonlarda ekspire edilen havada $PETCO_2$ değerlerinin 10 ile 80 mm Hg arasında ve tipik dalga formuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sürekli $PETCO_2$ izlemi özefageal entübasyondan kaçınmak için güvenilir bir araç olarak değerlendirilmiştir.

Ornato ve ark,⁴³ Acil Serviste ve hastane-dışındaki entübasyonlarda $ETCO_2$ düzeyinin sürekli izleminin endotrakeal tüp yerleşimini doğrulamak ve CPR etkinliğini değerlendirmedeki rolünü incelemişlerdir. Kardiyak arrest olgularında %0.5 $ETCO_2$ kritik değeri tübün doğru yerleşimini belirlemede %69 sensitif ve % 100 spesifik bulunmuştur. Hastaneye yatırılacak kadar sağkalım süresine sahip olan tüm hastaların ilk $ETCO_2$ değeri de %0.5'in üzerindedir.

CPR Etkinliği; SDGD ve Prognozu Öngörmeye $ETCO_2$ 'nin Rolü

20 yıl önce Kalenda¹⁵ resusitasyonu yapan kişi yorulduğunda end-tidal CO_2 değerinin düştüğünü ve yeni bir kişi resusitasyon yapmaya başladığında ise arttığını bildirmiştir. Daha yeni çalışmalar⁴⁴ ile end-tidal CO_2 değeri ile kardiyak output arasındaki ilişki doğrulanmış ve resusitasyon sırasında end-tidal CO_2 değerinin düştüğü ve SDGD ile yükseldiği kanıtlanmıştır. Bu modellerde end-tidal CO_2 prognozun bir ölçütü olarak da kullanılabilir.^{10,45}

Acil entübasyon gerektiren 110 yetişkin olguda Varon ve ark,⁴⁶ kolorimetrik $ETCO_2$ detektörünün CPR etkinliğini saptamada yararlılığını araştırmıştır. Aygıt, endotrakeal entübasyonun doğruluğunun saptanmasında %100 spesifik bulundu. Araştırmacılar ayrıca, $ETCO_2$ düzeyi %2'nin altında olan hastalardan hiçbirinin CPR çabalarına yanıt vermediğini saptadılar.

Falk ve ark,³² kapnografi ile yoğun bakımdaki 10 hastada 13 kardiyak arrest sürecini monitörize etmişlerdir. Kardiyak arrest başlangıcından $ETCO_2$ değerlerinde 1.4 ± 0.9 'dan 0.4 ± 0.4 düzeyine ani bir düşme izlenmiştir. Prekordial kompresyonların başlamasıyla 1.0 ± 0.5 'e yükselmiştir. Bu noktadan sonra SDGD'nin sağlanabildiği 7 hastada $ETCO_2$ değeri 3.7 ± 2.1 düzeyine çıkmıştır.

Levine ve arkadaşlarının prospektif bir çalışmasında,⁴⁷ 150 kardiyak arrest olgusunda CPR'un başlamasından 20 dakika sonraki ETCO₂ değerleri incelenmiştir. 20. dakika değeri 10 mm Hg ve üzerinde olmasının % 100 sensitivite ve % 100 spesifisite ile ölüm ve sağkalımı öngörebildiği belirtilmiştir. Sonuçta 20. dakika ETCO₂ değeri 10 mm Hg'nin altında olan kardiyak arrest olgularının resusitasyonuna son verilebileceği yorumu yapılmıştır.

Steedman,⁴⁸ prospektif araştırmasında Acil Serviste kardiyak arrest nedeniyle CPR uygulanan 12 kardiyak arrest olgusunda ETCO₂ konsantrasyonu değerlerinin 2. ve 8. dakikalarda nasıl değiştiğini araştırmıştır. SDGD sağlanan olgu alt-grubunda ETCO₂ değeri 2. dakikada belirgin şekilde yükselmiştir. ETCO₂ konsantrasyonu değerlerindeki artışın SDGD'nin ilk habercisi olduğu belirtilmiştir.

Tarafımızdan yapılan bir tez çalışmasında⁴⁹ nontravmatik kardiyak arrest sonrası ilk ETCO₂ değerinin % 0.5'in üzerinde olmasının hasta sağkalımını öngörmedeki sensitivite ve spesifisitesi sırasıyla % 100 ve %42.8 olarak bulunmuştur.⁴⁹ İlk ETCO₂ değeri %0.5'in altında olan olguların hiçbirinde SDGD sağlanamamıştır. Başka bir deyişle, SDGD sağlanan olguların tümü ilk ETCO₂ değeri %0.5'in üzerinde olan olgulardır. İlk ETCO₂ değerinin %0.5'in üzerinde bulunmasının SDGD sağlanmasını öngörmedeki sensitivitesi % 100 ve spesifisitesi %57.1'dir.

Özellikle son yıllarda sağlık hizmetlerinin artan maliyeti giderek daha fazla tartışılmakta ve birçok araştırmacı gereksiz resusitasyon çabalarının da bu maliyete katkıda bulunduğunu düşünmektedir. Belirli bir kritik ETCO₂ konsantrasyonu değerinin altında olan olguların hemen hiçbir zaman sağkalım olasılıkları bulunmadığını düşündüren yayınlara göre, bu hastalara yapılacak resusitasyon işleminin de gerekliliği tartışma konusu olabilecektir. Bu nedenle kapnografik izlem Acil Servis ve Yoğun Bakımlarda kritik hasta bakımında büyük önem taşımaktadır. Kapnografik izlem ayrıca acil koşullarda yapılan entübasyonların doğrulanmasında da yararlı ve pratik bir yöntem olabilir.

ÖZET ▲

Bu çalışmada end-tidal karbon dioksit monitörizasyonunun kritik bakım koşullarındaki yerini, kullanımını ve acil koşullarda trakeal entübasyonu ve klinik gidişi öngörmedeki güvenilirliği gözden geçirilmiştir. Kardiyopulmoner kollaps koşullarında end-tidal karbon dioksit konsantrasyonu düzeyinin sağlanan ve kaybedilen olguların ayırt edilmesinde rol oynayabileceğini gösteren literatür bilgileri bulunmaktadır. Belirli end-tidal karbondioksit konsantrasyonu düzeylerinin sağkalımı ve spontan dolaşımın geri dönüşünü öngörebileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte birçok yayında da endotrakeal entübasyondan sonra ölçülen ilk end-tidal karbondioksit düzeyinin acil koşullarda doğru ve yanlış entübasyonu birbirinden ayırabildiği gösterilmiştir. Kapnografinin kritik bakım koşullarında daha yaygın kullanımı, endotrakeal entübasyonunun doğrulanmasında ve kardiyopulmoner resusitasyonun yatakbaşı izleminde yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR ▲

1. Anton WR, Gordon RW, Jordan TM et al. A disposable end-tidal CO₂ detector to verify endotracheal intubation. Ann Emerg Med 1991; 20: 271-275.
2. Sanders AB. Capnometry in emergency medicine. Ann Emerg Med 1989; 18: 1287-1290.
3. Sayah AJ, Peacock WF, Overton DT. End-tidal CO₂ measurement in the detection of esophageal intubation during cardiac arrest: Ann Emerg Med 1990; 19: 857-860.

4. American College of Emergency Physicians. Expired carbon dioxide monitoring. *Ann Emerg Med* 1995; 25: 441.
5. DeBehnke DJ, Swart GL. Cardiac Arrest. *Emerg Med Clin North Am* 1996; 14: 57-83.
6. Miller RD. *Anesthesia*: 4th ed: New York; Churchill Livingstone, 1994; 1267-1274.
7. Morgan GE, Mikhail MS. *Clinical Anesthesiology*. 1st ed. Appleton & Lange, 1992; 90-92.
8. *A Comprehensive Study Guide*. 2nd ed. FACEP, McGraw-Hill, 1992; 10-12.
9. Sanders AB, Atlas M. Expired CO₂ as an index of coronary perfusion pressure: *Am J Emerg Med* 1985; 3: 147.
10. Sanders AB, Ewy GA, Bragg S, et al. Expired FCO₂ as a prognostic indicator of successful resuscitation from cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1985; 14: 948-952.
11. Weil MH, Bisera J, Trevino RR et al. Cardiac output and end-tidal carbon dioxide. *Crit Care Med* 1985; 13: 907.
12. Sanders AB, Kern KB, Otto CW et al. End-tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation. A prognostic indicator for survival. *JAMA* 1989; 262: 1347-1351.
13. Anderson DE, Dhokalia A, Parsons DJ et al: High end tidal CO₂ association with blood pressure response to sodium loading in older adults. *J Hypertens* 1996; 14: 1073-1079.
14. Lenz G, Heipertz W, Epple E. Capnometry for continuous postoperative monitoring of nonintubated, spontaneously breathing patients. *J Clin Monit* 1991; 7: 245-248.
15. Kalenda Z. The capnogram as a guide to the efficacy of cardiac massage. *Resuscitation* 1978; 6: 259-263.
16. Barton CW, Wang ES. Correlation of end-tidal CO₂ measurements to arterial PaCO₂ in nonintubated patients. *Ann Emerg Med* 1994; 23: 560-563.
17. Trillö G, von Planta M, Kette F. ET-CO₂ monitoring during low flow states: clinical aims and limits. *Resuscitation* 1994; 27: 1-8.
18. Gudipati CV, Weil MH, Bisera J, et al. Expired carbon dioxide: A noninvasive monitor of cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 1988; 77: 234.
19. Wayne MA, Levine RL, Miller CC. Use of end-tidal carbon dioxide to predict outcome in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1995; 25: 762-767.
20. O'Flaherty. *Capnography: principles and practice*. 1st ed. London. BMJ Publishing Group, 1994; 83-87.
21. Samalhout B, Kalenda Z. *An atlas of capnography*. 1st ed. Amsterdam. Kerchebosch-Zeist, 1981; 122-127.
22. Domsy M, Wilson RF, Heins J. Intraoperative end-tidal carbon dioxide values and derived calculations correlated with outcome: prognosis and capnography. *Crit Care Med* 1995; 23: 1497-1503.
23. Hoffman RA, Krieger BP, Kramer MR, et al. End-tidal carbon dioxide in critically ill patients during changes in mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 140: 1265-1268.
24. Reid CW, Martineau RJ, Miller DR et al. A comparison of transcutaneous end-tidal and arterial measurements of carbon dioxide during general anaesthesia. *Can J Anaesth* 1992; 39: 31-36.
25. Santos LJ, Varon J, Pic-Aluas L et al. Practical uses of end-tidal carbon dioxide monitoring in the emergency department. *J Emerg Med* 1994; 12: 633-644.
26. Sum Ping ST, Mehta MP, Symreng T. Accuracy of the FEF CO₂ detector in the assessment of endotracheal tube placement. *Anesth Analg* 1992; 74: 415-419.
27. Thrush DN, Mentis SW, Downs JB. Weaning with end-tidal CO₂ and pulse oximetry. *J Clin Anesth* 1991; 3: 456-460.
28. Wilson RF, Tyburski JG, Kubinec SM. Intraoperative end-tidal carbon dioxide levels and derived calculations correlated with outcome in trauma patients. *J Trauma* 1996; 41: 606-611.
29. Kayhan (Esener) Z. İzlem, Ölçüm ve Kayıt Yöntemleri. *Klinik Anestezi*, 2. Baskı, Ankara. Logos Yayıncılık. 1997; 41-43.
30. Gravenstein JS, Paulus DA, Hayes TJ. *Capnography in clinical practice*. 1st ed. Boston. Butterworths. 1989; 126-130.
31. Garnett AR, Ornato JP, Gorizalez ER, et al. End-tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 1987; 257: 512-515.
32. Falk JL, Rackow EC, Weil MH. End-tidal carbon dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation: *N Engl J Med* 1988; 318: 607.
33. Egleston CV, Ben Aslam H, Lambert MA. Capnography for monitoring nonintubated spontaneously breathing patients in an emergency room setting. *J Acid Emerg Med* 1997; 14: 222-224.
34. Wright SW. Conscious sedation in the emergency department: the value of capnography and pulse oximetry. *Ann Emerg Med* 1992; 21: 551-555.
35. Dash HH, Bithal PK, Joshi S, et al. Airway pressure monitoring as an aid in the diagnosis of air embolism. *J Neurosurg Anesthesiol* 1993; 5: 159-163.

36. Kerr ME, Zempsky J, Sereika S, et al. Relationship between arterial carbon dioxide and end-tidal carbon dioxide in mechanically ventilated adults with severe head trauma: Crit Care Med 1996; 24: 785-790.
37. Chopin C, Fesard P, Mangalaboyi J, et al. Use of capnography in diagnosis of pulmonary embolism during acute respiratory failure of chronic obstructive pulmonary disease. Crit Care Med 1990; 18: 353-357.
38. Murray AIP, Modell JH, Gallagher RJ, et al. Titration of PEEP by the arterial minus end-tidal carbon dioxide gradient. Chest 1984; 85: 100.
39. Blanch L, Fernandez R, Saura P, et al. Relationship between expired capnogram and respiratory system resistance in critically ill patients during total ventilatory support. Chest 1994; 105: 219-223.
40. Sanders KC, Clum WB, Nguyen SS, et al. End-tidal carbon dioxide detection in emergency intubation in four groups of patients. J Emerg Med 1994; 12: 771-777.
41. Hayden SR, Sciammarella J, Viccellio P, et al. Colorimetric end-tidal CO₂ detector for verification of endotracheal tube placement in out-of-hospital cardiac arrest. Acad Emerg Med 1995; 2: 499-502.
42. Ko FY, Hsieh KS, Yu CK. Detection of airway CO₂ partial pressure to avoid esophageal intubation. Acta Paediatr Sin 1993; 34: 91-97.
43. Ornato JP, Shipley JB, Racht EM, et al. Multicenter study of a portable, handsize, colorimetric end-tidal carbon dioxide detection device. Ann Emerg Med 1992; 21: 518-523.
44. White RD, Asplin BR. Out-of-hospital quantitative monitoring of end-tidal carbon dioxide pressure during CPR. Ann Emerg Med 1994; 23: 25-30.
45. Kern KB, Sanders AB, Voorhees WD, et al. Changes in expired end-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation in dogs: A prognostic guide for resuscitation efforts. J Am Coll Cardiol 1989; 13: 1184-1189.
46. Varon AJ, Morrino J, Civetta JM. Clinical utility of a colorimetric end-tidal CO₂ detector in cardiopulmonary resuscitation and emergency intubation. J Clin Monit 1991; 7: 289-293.
47. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. N Engl J Med 1997; 337: 301-306.
48. Steedman DJ, Robertson CE. Measurement of end-tidal carbon dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation. Arch Emerg Med 1990; 7:129-134.
49. Karcioğlu Ö. Acil Serviste Kardiyopulmoner Resusitasyon Uygulanan Hastalarda End-Tidal CO₂ Monitörizasyonunun Rolü (Uzmanlık Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi İlk ve Acil Yardım ABD. İzmir, 1998; 42-46.

-
- *Anahtar Kelimeler:* Kapnografi, End-Tidal CO₂, Monitorizasyon, Kritik bakım. *Key Words:* Capnography, End-Tidal CO₂, Monitoring, Critical care; *Alındığı Tarih:* 24 Ağustos 1998; Uz. Dr. Özgür Karcioğlu: Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, İlk ve Acil Yardım AD. *Yazışma Adresi (Address):* Dr. Ö. Karcioğlu DEÜ Tıp Fakültesi İlk ve Acil Yardım Anabilim Dalı, 35340, İnciraltı, İzmir.