

Ventilatördeki Bebeğin İzlemi

Betül Acunaş

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Pediatri Anabilim Dalı, Yenidoğan Ünitesi, Prof. Dr.

Ventilatör tedavisinin amacı yeterli oksijenizasyon ve ventilasyon desteğini sağlamaktır.

Dolayısıyla ventilatördeki bir bebeğin izleminde hedeflenen, bu amaçların yerine getirilip getirilmediğinin tespitidir. Bu sunumda önce oksijenizasyonu ve ventilasyonu oluşturan öğelere daha sonra da bunların izleminde kullanılan izlem yöntemlerine ve yorumlarına değinilecektir.

Oksijenasyonu Değerlendirme

Doku oksijenizasyonu doğrudan ölçülemez. Kanın oksijenizasyonunun yeterliliği ise arteryel kan gazı ile belirlenir ve bütünü yansıttığı düşünülür.

Kandaki oksijenin (O₂) büyük kısmı hemoglobine (Hb) bağlı olarak bulunur, sadece %5'i plazmada çözülmüş haldedir; ikisine bir den kanın oksijen içeriği (kontenti) adı verilir. Kanda taşınan O₂ miktarını; çözülmüş O₂ miktarı (pO₂); Hb'ne bağlı O₂ miktarı (Hb-O₂) ve Hb'nin O₂'ye bağlanma derecesi (Hb-O₂ affinitesi) belirler.

Çocuklarda, deniz kenarında doğal hava solurken arteriyel oksijen basıncı (PaO₂) 85 mmHg'dır. Venöz kanda oksijen basıncı (PvO₂) ise 40 mmHg'dır.

Hemoglobin oksijen satürasyonu (SO₂): Bir molekül hemoglobin en fazla dört molekül O₂ bağlar. Hemoglobinin oksijen ile doygunluk oranıdır. Tam (%100) satüre 1 gr Hb 1,34-1,39 ml O₂ bağladığından ve 1 mmHg O₂ 100 ml kanda 0.003 ml olacak şekilde çözüldüğünden kanda taşınan O₂ aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\text{Kanın O}_2 \text{ kontenti (CoO}_2\text{)} = (0,003 \times \text{PO}_2) + (\text{Hb} \times 1,34 \times \text{SO}_2)$$

Serbest O₂'nin kanın O₂ kontentine etkisi çok az olduğundan pratikte CoO₂=HbO₂ olarak kabul edilmektedir.

Hemoglobinin oksijen disosiasyon eğrisi: Kanın oksijen basıncı (PO₂) ile hemoglobin saturasyonu (SO₂) arasında sigmoidal bir ilişki vardır. Yüksek PO₂ değerlerinde; eğri düze yakın seyredir. Bu düzeyde PO₂'nin değerlerinin artması veya eksilmesi saturasyonu az etkiler. PO₂ değerinin 100'den 60'a inmesi oksijen saturasyonunu sadece %90'a indirir.

Düşük PO₂ değerlerinde ise; PO₂ değerleri 60 mmHg'nin altında ise disosiasyon eğrisi dik seyredir. PO₂'deki küçük bir değişim, O₂ saturasyonunda büyük bir değişikliğe neden olur.

Bu olay dokuların oksijen almaları için önemlidir. Hb'nin yüksek PO₂düzeyi olan akciğerde oksijeni bağlaması, düşük PO₂ düzeyi olan dokularda ise bırakması yaşam için gereklidir. Ateş, asidoz, hiperkapni gibi dokuların O₂ gereksinimlerinin arttığı durumlarda eğri sağa kayarak Hb'nin dokulara daha kolay O₂ vermesini sağlarken, alkaloz, hipotermi ve fetal Hb varlığında eğri sola kayar yani Hb'nin O₂'ye affinitesi artar ve dokulara zor bırakır.

Oksijen Sunumu (DO₂) bir dakikada dokulara taşınan O₂ olarak tanımlanır. Dokulara O₂ sunumunda kanda taşınan O₂'nin yanı sıra kalp debisinin de rolü vardır. Dokulara verilen O₂ miktarını, arteryel ve venöz kan O₂ kontentleri farkının dokulara dakikada gönderilen kan miktarı (kalp debisi) ile çarpımı belirler:

$$\text{DO}_2 = \text{Kalp debisi (COP)} \times \text{Kanın O}_2 \text{ kontenti farkı (CaO}_2\text{-CvO}_2\text{)}$$

Oksijen sunumu 100 ml kanın dokulara taşıdığı O₂'yi yansıtır. Normalde yenidoğanın COP değeri 120-150 ml/kg/dk kadardır. Hb düzeyi 15 gr/dl ve hemoglobin saturasyonu %100 olan bir bebeğin dokulara oksijen sunumu:

$$\text{COP} \times (\text{Hb} \times 1,34 \times \text{SO}_2) =$$

$$1,20 \times (15 \times 1,34 \times 1,0) = 24 \text{ ml/kg/dk'dır}$$

Normalde yenidoğanın dokularında oksijen tüketimi 6 ml/kg/dk'dır. Dokulara taşınan 24 ml/kg/dk oksijenin 6 ml/kg/dk'sı kullanılmaktadır. O halde kalbe dönen venöz kanın oksijen kontenti, dolayısıyla hemoglobin saturasyonu %75 kadardır.

Özetleyecek olursak doku oksijenizasyonunu belirleyen etmenler kanın Hb düzeyi, Hb'nin O₂ satürasyonu ve kalp debisidir. Doku da oksijenin yetersiz olması HİPOKSİ, kanda taşınan oksijenin-oksijen kontentinin az olması ise HİPOKSEMİ olarak tanımlanır. Her hipoksemide hipoksi vardır, ancak her hipokside hipoksemi olmayabilir, örneğin dolaşım bozukluklarında hipoksemi olmadan hipoksi söz konusudur.

Hipoksi Nedenleri

Doku oksijenizasyonunun yetersizliği olarak tanımlanan hipoksi 4 gruba ayrılır:

.1- Hipoksemik hipoksi: PaO₂, HbO₂ ve taşınan O₂'nin düşük olduğu durumlardır:

- Hipoventilasyon (Alveolar hipoksi ve hiperkapni)
- Difüzyon bloku (İntertisyel fibrosis ve intertisyel veya alveolar ödem)
- Ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu
- Sağdan sola şant

2-Anemik hipoksi: Kanın taşıdığı O₂ miktarının normal PO₂'ye rağmen az oluşudur.Hb değeri yarıya indiğinde dokulara taşınan O₂ miktarı da yarıya inmektedir.

3-Hipoperfüzyon hipoksis: Standart-durağan hipoksi- Düşük kalp atım hacmi ile giden durumlarda görülür.

4- Histotoksik hipoksi: Hücrelerin oksijenden enerji üretmesini engelleyen zehirlenmelerde (siyanid zehirlenmesi) gözlenen veya normal PO₂'ye rağmen kanın taşıdığı O₂ miktarının karbon monoksit zehirlenmesinde olduğu gibi az oluşu nedeniyle ortaya çıkan hipoksidir.

Tablo 1'de farklı hipoksi tiplerinin özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Farklı hipoksi tiplerinin özellikleri	PAO ₂	PaO ₂	CaO ₂	FiO ₂ 'ye etkisi
Hipoksemik				
Hipoventilasyon	Düşük	Düşük	Düşük	Var
Difüzyon bloku	N	Düşük	Düşük	Var
Sağ-sol şant	N	Düşük	Düşük	Yok
V/P uyumsuzluğu	N	Düşük	Düşük	Var
Anemik	N	N	Düşük	Yok
Hipoperfüzyon	N	N	N	Yok
Histotoksik	N	N	N	Yok

Ventilasyonun Değerlendirilmesi

Alveolar ventilasyonun yeterliliği karbon dioksit (CO₂) eliminasyonu ile bağlantılıdır.CO₂ atımının ana belirleyicisi ise PaCO₂ dir. PaCO₂ yorumlanırken anormal CO₂ üretimi dışlanmalıdır, çünkü CO₂ üretimi hücre içi PCO₂'yi etkilemekte o da CO₂'nin venöz kana difüzyonunu belirlemektedir. Anormal CO₂ üretimine yol açan etmenler şunlardır: (1) Hipertermi-ateş CO₂ üretimini her bir C için %10 artırır; (2)Aşırı kas hareketi, titreme, konvülsiyon CO₂ üretimini 3-5 kat artırabilir; (3) Fizyolojik stres yanıtları CO₂ üretimini artırabilir, (4) Protein olmayan kalorinin %50'den fazlasının glukoz tarafından karşılanması CO₂ üretimini 2-8 kat artırabilir. Belirtilmediği sürece CO₂ üretimi sabit kabul edilir.

Karbon dioksinin kanda artması pulmoner sistemin metabolizmanın artık ürününü atmadaki yetersizliği anlamına gelir. CO₂ artmasına neden olan patoloji akciğer dışı olsa dahi pulmoner sistemin CO₂ atılımındaki metabolik ihtiyaçlara yanıt verememesi birincil klinik sorundur. Ventilasyon yetersizliği (respiratuar asidoz) pulmoner sistemin yeterince CO₂ atamadığını yansıtan kan gazı tanısıdır.

Kan Gazı Değerlendirmesi

Kan gazlarını en uygun değerlendirme yöntemi umbilikal veya periferik bir artere takılan katater aracılığı ile elde edilen arteryel kan örneğinde ölçümlerin yapılmasıdır. Hasta yenidoğanda arteryel katater bulunması bebeğin bakımında kolaylık sağlar. Umbilikal arter kataterlerinin yaşamın ilk günlerinde yerleşimi oldukça kolaydır ve komplikasyon riski azdır. Gün geçtikçe kataterizasyon zorlaşır ve teorik olarak 2 haftaya kadar kullanılabilir. Umbilikal arteryel katater varlığı ile artmış enfeksiyon, nekrotizan enterokolit insidansı arasındaki ilişki tartışmalıdır. Kataterden kan almanın özellikle yukarı pozisyonda yerleştirilmiş kataterlerde beyin hemodinamiğine ve oksijenizasyonuna olumsuz etkileri bildirilmiştir. Nadir görülen diğer komplikasyonlar arasında hava embolisi, tromboz, paropleji, hipertansiyon, aort anevrizması ve idrar kesesi yırtılması sayılabilir. Umbilikal arteryel katater takılmadığı ya da komplikasyon riski varlığında periferik arter kataterizasyonu, aralıklı arteryel ponksiyon ve kapiller örnekleme yapılabilir. Bu invazif kan gazı izlem yöntemleri ile non-invazif izlem yöntemlerinden transkütanöz izlem, nabız-oksümetresi ve tidal sonu CO₂ izleminin avantaj ve dezavantajları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Kan örneği alınırken uyulması gereken kurallar:

- Enjektör heparin solüsyonu ile yıkanmış olmalıdır. ANCAK heparin kuvvetli asidiktir. Bu nedenle heparinin enjektör içinde fazla olması pH'yı düşürecektir. Ayrıca kandaki CO₂ heparine geçerek PCO₂'nin düşük ölçümüne neden olabilir.
- Enjektöre kan vakum yapılmadan kendi akımı ile yavaş yavaş doldurulmalıdır.
- Kan anaerobik koşullarda alınmalı ve saklanmalıdır. Hava kabarcığı olmamalıdır. Oda havasında PCO₂ sifıra yakın, PO₂ 150 mmHg'dir (760 mmHg %21 oksijen). Bu nedenle hava ile temas PCO₂'yi düşürürken, PO₂'yi arttıracaktır.
- Lökositlerin metabolizması devam ettiğinden, kan örneği bekletilmeden çalışılmalı veya laboratuvara buz içinde gönderilmelidir.

Kan Gazlarının İnvazif Olmayan Yöntemlerle İzlemi

Nabız oksümetresi: Oksijenle doymuş Hb'nin farklı renge sahip olması ve doymamış Hb'nin ışığı absorbe etmesindeki frekansın farklılığı ilkesine göre çalışır. Bir arterin her iki tarafında ışık kaynağı ve algılayıcı bulunur, ışık arterden ve çevre dokulardan geçer, doymuş ve doymamış Hb farklı frekanslarda absorbe edilir. İki uygun frekanstaki absorpsiyonun karşılaştırılması ile doymuş Hb'nin yüzdesi hesaplanır. Genel olarak nabız-oksümetreler fizyolojik sınırlardaki oksijenizasyonun tespiti için kullanımı çok kolay ve yaygın olan cihazlardır. Ancak yenidoğanın hareketi, anormal hemoglobin varlığı (karboksi veya methemoglobin), düşük perfüzyon, düşük oksihemoglobin saturasyonu hatalı ölçüme neden olur. Arteryel kan akımını etkileyen şok, yaygın ödem gibi durumlarda da yanlış sonuç verir.

Hemoglobinin O₂ satürasyonu term veya sınırda preterm yenidoğanlarda %90-98, küçük pretermelerde retinopati riski nedeniyle %88-93 değerleri arasında tutulmalıdır. %85'in altında oluşu hipoksiyi gösterir.

Transkütanöz izlem (TcPO₂, TcPCO₂): Oksijen satürasyonu deriden elektrokimyasal olarak ölçülür. Arter değerine yakın olmasını sağlamak üzere ölçüm yapılan deri 43-44 C'ye kadar ısıtılarak vazodilatasyon oluşturulur. CO₂'de benzer şekilde ölçülür ancak yerel ısıtmada o bölgedeki CO₂ oluşumu da arttığından ölçülen değer gerçek değerden yüksektir.

Tidal sonu CO₂ izlemi (Kapnografi): Kapnografi solunum yolu ile atılan CO₂'nin ölçülmesidir. Kullanımı ve taşınması kolay, ucuz ve invazif olmayan izlem aracıdır. Ancak hasta yenidoğan takipneik, tidal hacmi az olduğundan dolayısıyla tidal sonu alveolar hava örneği almak çok mümkün olmadığından erişkin ve çocuk hastalara göre yenidoğanda ölçüm zordur, bu nedenle yaygın kullanılmamaktadır. Yine de entübe olan yenidoğanda tüpün yerinde olup olmadığı konusunda bilgi verebildiğinden bazı merkezlerde bu amaçla kullanılmaktadır.

TcPCO₂/Nabız oksimetresinin kulak sensörü ile kombine kullanımı gündemdedir

İzlem Yönteminin Seçimi

Durumu stabil olmayan, solunum sıkıntısı olan özellikle 1250 gr'ın altında doğan bebeklere arteryel katater takılması uygundur. Durumu stabilizeşen hastalarda katater 5-7 gün sonunda çekilebilir, stabil olmayan ağır ve 1000 gr altında olan hastalarda 2 haftaya kadar yerinde bırakılabilir. Arteryel katateri olmayanlar nabız-oksimetresi ile izlenebilir. Durumları stabil olan ventilatördeki bebeklere günde 1 kez; durumu stabil değilse günde 2-3 kez kapiller kan gazı bakılabilir. Kritik vakalarda arteryel katater yoksa venöz kandan kan gazı bakılabilir.

Kan Gazı Değerlendirmesinde Kullanılan Parametreler ve Yorumlanması

Kan gazı ölçüm aletlerinin hepsi sadece pH, PO₂ ve PCO₂'yi doğrudan ölçmekte, diğerlerini ise mevcut formüllere veya nomogramlara göre otomatik olarak belirlemektedir.

pH: H⁺ iyonu konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. Venöz kanda, arteryel kana göre 0.05 birim daha düşüktür. pH değerinin normal sınırlarda olması asit-baz dengesinin normal olduğu anlamına gelmez, kompensasyon mekanizmaları veya kombine bozukluklar sonucu normal değerler elde edilebilir.

Çocuklarda normal arteriyel pH değeri 7.35-7.45 arasındadır. Yenidoğanda solunum sorununa bağlı olarak değişmekle birlikte 7.25-7.45 arasında tutulmaya çalışılır.

pH'nın azalması (H⁺ iyonu konsantrasyonu artması) ile ASİDOZ (metabolik ve/veya respiratuar), pH'nın artması (H⁺ iyonu konsantrasyonu azalması) ile ALKALOZ (metabolik ve/veya respiratuar) oluşur.

Kan pH değerinin normal sınırlarda tutulması için bikarbonat (HCO₃)/ PCO₂ oranının 20 olması gereklidir. Dolayısıyla, metabolik asidozda HCO₃ azaldığından oranı sağlamak üzere akciğerden CO₂ atımı artarken, respiratuar asidozda artan CO₂ düzeyini dengelemek üzere böbrekten HCO₃ atımı azaltılır.

PaCO₂: Alveoler ventilasyonun göstergesidir. Hipoverilasyonda artar, hiperverilasyonda azalır. pH, PaCO₂ ve HCO₃ düzeyleri arasındaki ilişki Handerson-Hasselbach denklemi ile belirtilebilir.

Yöntem	Avantajları	Dezavantajları
Umbilikal arter kateteri	Sürekli, güvenilir kan gazı izlemi Genellikle kolay yerleştirilebilir Sıvı ve ilaçlar verilebilir	Komplikasyon riski yüksek %10-15 katater takılamaz Sürekli kan basıncı izlenebilir
Periferik arter kateteri	Sürekli kan gazı izlenebilir Sürekli kan basıncı izlenebilir	Komplikasyon riski var %25 kateter takılamaz Sıvı-ilaç verilemez
Aralıklı arter ponksiyonu	Kateter takılmadığı durumda kullanılabilir	Komplikasyon riski var Hasta uygun değilse yanlış sonuç verebilir.
Kapiller örnekleme	Kolay uygulanır Düşük komplikasyon riski Kronik hastalar için uygun pH ve PCO ₂ ile ilgili iyi bilgi	Hasta uygun değilse yanlış sonuç verebilir. PO ₂ bilgisi uygun değil Dolaşım iyi değilse doğru sonuç vermez.
Transkütanöz izlem	İnvazif değil BPD'li hastalarda PO ₂ ve PCO ₂ 'nin sürekli izlemine olanaklı kılar	Pahalı Dolaşım iyi değilse doğru sonuç vermez. Elektrod yerinde yanık tehlikesi
Nabız-oksimetresi	İnvazif değil O ₂ 'nin sürekli izlemi yapılabilir Yanıklara yol açmaz	Hareket artefaktı Hipotansif ve ödemli hastalarda doğru sonuç vermez
Tidal sonu CO₂ izlemi	İnvazif değil Tidal sonu CO ₂ izlemi sürekli yapılabilir. Entübasyonun başarısını gösterir.	Geniş hacimle ventile edilen hastalarda uygun Ölü boşluğu artırır Sadece belirgin akciğer hastalarda daha iyi sonuç verir

$$\text{Handerson-Hasselbach denklemleri } H^+ = \frac{24 \times \text{PaCO}_2 \text{ mmHg}}{\text{HCO}_3^- \text{ mEq/L}}$$

Çocuklarda PaCO₂ 35-45 (40) mmHg arasındadır. PaCO₂ için üzerinde görüş birliği olan bir üst ve alt değer bulunmamaktadır. Hipokapninin periventriküler lökomalazi ve serebral palsiye yol açtığı bildirilmekte, PaCO₂'yi 25-30 mmHg altına düşürecek hiperventilasyondan kaçınılması önerilmektedir. Öte yandan hiperkarbi intraventriküler kanamaya yol açabileceğinden PaCO₂'nin 55-65 mmHg düzeyini aşmaması genel kabul görmektedir.

Aktüel Bikarbonat (HCO₃- A): Kanda ölçülen, varolan bikarbonat değeridir. Normalde standart bikarbonata eşittir. Handerson-Hasselbach denklemlerine göre hesaplanır. Normal değeri 20-24 mmol/L'dir.

Standart Bikarbonat (HCO₃- S): 37 C ve %100 O₂ saturasyonunda, PCO₂ 40 mmHg'ya kalibre edilerek ölçülen bikarbonat konsantrasyonudur. Çocuklarda (HCO₃-S) 22-28 (ort.24) mmol/L'dir. Aktüel bikarbonat standart bikarbonata eşitse solunumsal sorun yoktur.

Bikarbonat miktarının azalması metabolik asidoz, artması metabolik alkaloz; HCO₃- <17 mmol/L olması ağır asidoz, HCO₃- >35 mmol/L olması ağır alkaloz tanımlanır.

Tampon bazları (buffer base): Kanın asit veya bazları tamponlama gücünü gösterir. Tampon bazları başlıca, bikarbonat, Hb ve plazma proteinlerinin negatif yüklü grupları toplamıdır. Tampon bazlarının normal değeri 50 mEq/L'dir.

Baz fazlalığı (base excess): Baz fazlalığı (BE) kan pH'sını normale getirmek için gerekli baz miktarıdır ve metabolik olayların değerlendirilmesinde kullanılır. Çocuklarda baz fazlalığı normalde -3 ile +3 mmol/L'dir. BE kandaki baz tamponlarının normal pH değerine göre durumunu gösterir. BE negatif yönde artmışsa; baz tamponları azalmıştır, yani metabolik asidoz söz konusudur. BE pozitif yönde artmışsa; baz tamponları artmıştır, yani metabolik alkaloz vardır. BE <-10 mmol/L ağır asidoz; BE >+12 mmol/L ise ağır alkaloz olarak tanımlanır. BE >-10 mEq/L veya HCO₃- < 15 mEq/L olan asidozlarda alkali verilmesi düşünülmelidir.

Anyon açığı (Anionic gap): Kanın pozitif ve negatif yüklü iyonlarının normalde eşit miktarda olması temeline dayanır ((Na + K) - (Cl + HCO₃) = 16 mmol/L). Anyon açığının hesaplanması özellikle organik asidemiler gibi doğumsal metabolik hastalıkların tanısında önemlidir.

Kan Gazlarının Yorumu

1. Aşama: Asit-baz durumu belirlenir. pH değerine göre asidoz mu alkaloz mu var?

2. Aşama: PaCO₂ değerlendirilir, solunumsal durum belirlenir. PaCO₂ normale solunumsal sorun yoktur. pH'daki değişiklik solunumsal olay sonucu gelişen PaCO₂ değişikliği sonucu mudur? PaCO₂'nin normal değerinden (40 mmHg) her 12 sapması pH değerini 0.1 etkiler. PaCO₂ yüksekken asidemi varsa solunumsal asidoz; PaCO₂ düşükken asidemi varsa metabolik asidoz; PaCO₂ düşükken alkalemi varsa solunumsal alkaloz; PaCO₂ yüksekken alkalemi varsa metabolik alkaloz düşünülmelidir.

3. Aşama: BE değerlendirilerek metabolik anormallik saptanır. pH'daki değişiklik BE değişikliği (metabolik olay) sonucu mudur? BE'nin normal değerinden (0) her 6 sapması pH değerini 0.1 etkiler. Asidemide; BE negatif yönde artmışsa metabolik asidoz, pozitif yönde artmışsa solunumsal asidoz; alkalemidir; BE negatif yönde artmışsa solunumsal alkaloz, pozitif yönde artmışsa metabolik alkaloz düşünülmelidir.

4. Aşama: Kompansasyonun varlığı ve derecesi belirlenir (Tablo 3).

Tablo 3. Asit-baz dengesi bozuklukları ve arteriyel kan gazı parametrelerinin durumu

	pH	PaO ₂	BE	
Normal SOLUNUMSAL	7.35-7.45	35-45	(-3)-(4)	
Akut asidoz	↓	↑	N	Hipoventilasyon Pnömotoraks MSS patolojisi
Kronik asidoz	N	↑	↑	Hipoventilasyon MSS patolojisi Kas hastalıkları
Akut alkaloz	↑	↓	N	Hipoksemi Hiperventilasyon
Kronik alkaloz	N	↓	↓	Uzun süreli MV
METABOLİK				
Akut asidoz	↓	N	↓	Ketoasidoz, ishal HCO ₃ kaybı, üremi
Kronik asidoz	N	↓	↓	Diabetik asidoz, laktik asidoz
Akut alkaloz	↑	N	↓	HCl kaybı, kusma, HCO ₃ alımı
Kronik alkaloz	N	↑	↑	Primer hipokalemik alkaloz

Sonuç olarak, her ne kadar invazif ve invazif olmayan kan gazı izlem yöntemleri hastanın fizyolojik durumu ile ilgili değişen ölçülerde değerli bilgiler sağlarsa da bu değerlerden anlam çıkarabilmek için sistematik ve net bir yaklaşım sergilenmelidir. Her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları iyi bilinmelidir. Bununla birlikte hiçbir izlem yönteminin hastanın dikkatli klinik değerlendirmesinin ve fizik muayenesinin yerini alamayacağı unutulmamalıdır.

Kaynaklar

1. Bernet-Buettiker V, Ugarte MJ, Frey B, et al. Evaluation of a new combined transcutaneous measurement of PCO₂/Pulse oximetry oxygen saturation ear sensor in newborn patients. *Pediatrics* 2005; 115:e64-8.
2. Brouillette RT, Waxman DH. Evaluation of the newborn's blood gas status. *Clin Chemistry* 1997; 43: 215-21.
3. Canpolat E, Tekinalp G. Ventilatördeki bebeğin izlemi. Yurdakök M, Yiğit Ş, Tekinalp G (ed). *Yenidoğanda solunum desteği'nde*. Ankara: Güneş Kitabevi.2005:177-183.
4. Pilbeam SP. Arter kan gazı değerlendirmesinde ileri basamaklar. Çelik M, Besler MP, Helvacı A (çev.). *Mekanik ventilasyon'da*. İstanbul: Logos Yayıncılık. 1998:17-27.
5. Rodrigues RJ, Martin RJ, Fanaroff AA. The respiratory distress syndrome and its management. In: Fanaroff AA, Martin RJ (eds). *Neonatal Perinatal Disease of the Fetus and Infant (7th ed)*. St Louis: Mosby, 2002: 1001-11.
6. Soysal DD. Mekanik ventilasyonda monitorizasyon. Karaböcüoğlu M,Köroğlu TF (ed.). *Pediyatrik mekanik ventilasyon'nda*. Ankara: Çağdaş Medikal Kitabevi. 2003: 133-173.