

## Arter kan gazlarının yorumlanması

### Interpretation of arterial blood gases

Dr. Gülbin Aygencel

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara

**Özet**– Arter kan gazı incelemesi sık kullanılan ve çok yararlı bir klinik araçtır. Her kıdemdeki doktor kan gazı sonuçlarını yorumlayabilir. Bu yazıda, kan gazı sonuçlarının yorumlanmasına yardım edebilecek önemli noktalar verilmeye çalışılmıştır. Yazının son kısmında ise kan gazının yorumlanmasında kullanılan basamaklı bir kılavuz ve bazı klinik örnekler bulabilirsiniz.

**Summary**– Arterial blood gas analysis is a frequently used and extremely useful clinical tool. Doctors of all levels understand the results to varying degrees. This article aims to explain some of the more important points and thus help with interpretation of results. The final part of this article presents a stepwise guide to interpretation of blood gases and some clinical examples.

**A**rter kan gazı (AKG) hastaların metabolik ve solunumsal durumu hakkında güvenilir bilgi veren en önemli laboratuvar yöntemlerinden biridir. AKG'nin inceleme endikasyonları şu şekilde sıralanabilir;

1. Kişide var olan asit-baz dengesi bozukluğunun tanısı, takibi ve tedaviye yanıtını değerlendirmek,
2. Kişide var olan solunum yetersizliğinin tanısı, takibi ve tedaviye yanıtını değerlendirmek,
3. Ani gelişen ve/veya sebebi açıklanamayan nefes darlığı, bilinç bulanıklığı gibi patolojilerin sebebini açıklayabilmek.<sup>[1,2]</sup>

Arter kan gazının değerlendirilmesi için kan örneğinin uygun bir şekilde alınması, taşınması ve uygun yöntemlerle incelenmesi gerekir. Kan örneği almak için en sık kullanılan yöntem radyal, brakial veya femoral arterlere ince uçlu, küçük hacimli ve heparinli bir enjektörle ponksiyon yapılmasıdır. Sık AKG alınması ve değerlendirilmesi gereken hastalarda ise radyal artere kateter yerleştirilmesi önerilir. Alınan kan gazı örneği en kısa sürede laboratuvara ulaştırılmalıdır. Kan gazı örneği hemen incelenmeyecekse veya uzak bir yere gönderilecekse enjektör buz aküsü üzerinde taşınmalı; ama bu süre 30 dakikayı geçmemelidir.<sup>[1-3]</sup>

Arter kan gazı incelemesi kan gazı ölçüm cihazları kullanılarak yapılır. Bu cihazlar ile pH, kısmi karbondioksit basıncı ( $pCO_2$ ), kısmi oksijen basıncı ( $pO_2$ ) hassas elektrotlar kullanılarak ölçülürken; bikarbonat ( $HCO_3^-$ ), oksijen saturasyonu ( $SO_2$ ) ve baz açığı (BE) hesaplanarak verilir. Normal AKG değerleri Tablo 1'de verilmiştir.<sup>[1-3]</sup>

Arter kan gazındaki bu parametrelerin neleri ifade ettiğini ve hangi fizyolojik olayları yansıttığını bilmezsek AKG yorumunu doğru yapamayız.

$PaO_2$  ve  $SaO_2$  oksijenlenmeyi,  $PaCO_2$  alveol ventilasyonunu,  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ , alveol ve arter arasındaki oksijen farkı [ $p(A-a)O_2$ ] gaz alışverişini, pH,  $PaCO_2$  ve  $HCO_3^-$  asit baz dengesini değerlendirmede kullanılır.

Arter kanındaki  $PaO_2$ 'nin azalmasına hipoksemi denir. Hipoksemi sonucu doku oksijenlenmesinin azalmasına ise hipoksi denir. Yaşlanma ile birlikte  $PaO_2$  değeri düşer. Ama yine de  $PaO_2 \geq 60$  mmHg ve  $SaO_2 \geq \%90$ 'dir.<sup>[1,3]</sup>

♦ **Alveol ve arter arasındaki oksijen farkı [ $p(A-a)O_2$ ]**: Alveol ve arterin kısmi oksijen basınçları arasındaki fark olup, akciğerlerin gaz alışveriş fonksiyonu hakkında genel bilgi verir.

Geliş tarihi: 20.08.2013 Kabul tarihi: 02.10.2013

Yazışma adresi: Dr. Gülbin Aygencel. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Bilim Dalı, 06500 Ankara.

Tel: 0312 - 202 42 16 e-posta: aygencel@hotmail.com

© 2013 Türk Kardiyoloji Derneği



**Tablo 1. Normal arter kan gazı değerleri**

Parametre	Normal değer aralığı
pH	7.35-7.45
PaCO <sub>2</sub>	35-45 mmHg
PaO <sub>2</sub>	80-100 mmHg
SaO <sub>2</sub>	%95-97
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (standart, aktüel)	22-26 mmol/L
BE	±2 mmol/L

PaCO<sub>2</sub>: Kısmi karbondioksit basıncı; PaO<sub>2</sub>: Kısmi oksijen basıncı; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Bikarbonat; BE: Baz açığı; SaO<sub>2</sub>: Oksijen satürasyonu.

$p(A-a)O_2 = [FiO_2 \times (P_{atm} - P_{su}) - (1.25 \times PaCO_2)] - PaO_2$  veya pratik olarak  $p(A-a)O_2 = [150 - (1.25 \times PaCO_2)] - PaO_2$  formülüyle hesaplanabilir. (Deniz seviyesinde barometrik basınç ( $P_{atm}$ ) 760 mmHg, 37 °C'de su buharı basıncı ( $P_{su}$ ) 47 mmHg,  $FiO_2$  %21, PaO<sub>2</sub> arter kan gazı örneğindeki kısmi oksijen basıncı (mmHg olarak) ve PaCO<sub>2</sub> arter kan gazı örneğindeki kısmi karbondioksit basıncıdır).

$p(A-a)O_2$ 'nin normal bir genç erişkinde 5-15 mmHg arasında olduğu kabul edilir; yaşla birlikte artar. Ancak hiçbir zaman 30 mmHg'ı geçmez. Hipoksemide yüksek  $p(A-a)O_2$  varlığı intrapulmoner şant varlığını gösterir.<sup>[1,3]</sup>

♦ **pH**, vücut sıvılarındaki ve kandaki hidrojen iyonu (H<sup>+</sup>) konsantrasyonunu; kısaca bu sıvıların asitlik derecesini gösterir. İnsanda kan pH'sının yaşam ile bağdaşabilir sınırları 6.8-7.8 arasındadır. Sırasıyla 160 ve 16 nmol/L H<sup>+</sup> iyonuna denk gelir. Kandaki normal pH değerleri ise 7.35-7.45 arasındadır. Sırasıyla 44 ve 36 nmol/L H<sup>+</sup> iyonuna denk gelir. Ven kanında pH, arter kanı pH'sına göre 0.01-0.02 birim daha düşüktür. pH <7.35 olursa, H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonu normalin üstüne çıkmıştır ve asidemi denir. pH >7.45 olursa H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonu azalmıştır ve alkalemi denir. Asit-baz dengesinde bu bozuklukları yapan olaylara ve bu olayların doku düzeyinde meydana getirdikleri değişiklikler ise asidoz veya alkaloz olarak adlandırılır.<sup>[4-6]</sup>

♦ **Baz fazlalığı (BE)**: Metabolik sistemdeki defekt sonucu oluşan kandaki fazla asit ya da bazı gösterir. Standart bikarbonat koşullarında (37 °C'de ve 40 mmHg pCO<sub>2</sub>'de) kan örneğinin pH'sını 7.40'a getirmek için gerekli olan asit veya baz miktarını verir. Metabolik durumun göstergesidir. Eğer BE < -2

mmol/L ise metabolik asidoz, BE > +2 mmol/L ise metabolik alkalozdur.<sup>[4-6]</sup>

♦ **Bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**: Bikarbonat iyonunun serum konsantrasyonudur. Kanda önemli bir tampondur, asit-baz dengesinin belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir.

♦ **Standart bikarbonat**: Solunumsal nedenli HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> değişikliklerini elimine etmek için standart koşullarda (37 °C sıcaklık ve 40 mmHg pCO<sub>2</sub> altında) kanda bulunması gereken HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonudur. Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> yalnızca metabolik değişikliklere bağlıdır. Normalde 22-26 mmol/L'dir. Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> >26 mmol/L ise metabolik alkaloz, standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> <22 mmol/L ise metabolik asidoza işaret eder.

♦ **Aktüel bikarbonat**: Plazma örneğinde o anda varolan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> değeridir. Normalde standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'ya eşittir ve 22-26 mmol/L'dir. Vücutta asit-baz dengesinin hem solunumsal hem de metabolik komponenti ile ilişkilidir.

Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ile aktüel HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> arasındaki ilişki solunumsal asidoz ve alkalozu gösterir.

Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> < aktüel HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Solunumsal asidoz vardır.

Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > aktüel HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Solunumsal alkaloz vardır.

Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = aktüel HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> < normal değer: Dekompanse metabolik asidoz vardır.

Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = aktüel HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > normal değer: Dekompanse metabolik alkaloz vardır.<sup>[4-6]</sup>

### Asit-baz dengesi bozuklukları

İnsan vücudunda besinlerin metabolizması sonucunda her gün 15.000 mmol CO<sub>2</sub> (volatil asit) ve 50-100 mEq volatil olmayan asit açığa çıkar. Karbondioksit akciğer yolu ile, volatil olmayan asitler ise böbrek yoluyla vücuttan atılır. Normal asit-baz dengesi CO<sub>2</sub> ile HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> arasındaki dengeye bağlıdır. Bu dengeyi de bize en iyi Henderson-Hasselbalch denklemi gösterir.

$$pH (7.4) = pK (6.1) + \log \frac{HCO_3^- (24)}{0.03 \times PaCO_2 (40)}$$

Vücutta denge olması ve fizyolojik işlevlerin normal olarak yürütülebilmesi için bu dengenin korunması şarttır. Bu denge bozulduğunda ise bazı kompensatuvar mekanizmalar ile normale en yakın hale

getirilmeye çalışılır.

Asidoz (pH <7.35) kanda asit yükünün yani H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonunun artması ile oluşur. Bu durum ise ya kanda CO<sub>2</sub>'nin artması ya da HCO<sub>3</sub>'ün azalması ile ortaya çıkar. Alkaloz (pH >7.45) ise, kanda asit yükün yani H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonunun azalması ile oluşur. Kanda ya CO<sub>2</sub> azalmış ya da HCO<sub>3</sub>- konsantrasyonu artmıştır.<sup>[7-9]</sup>

### Basit asit-baz dengesi bozuklukları

#### ◆ Asidozlar

**1. Solunumsal asidoz:** pH değerinin 7.35'in altında, PaCO<sub>2</sub> değerinin 45 mmHg'nin üzerinde olduğu klinik tablodur. Başlıca mekanizması alveolar hipoventilasyon sonucu CO<sub>2</sub> atılımının azalması ve kanda CO<sub>2</sub> değerinin yükselmesidir. Solunumsal olayların kompensasyonu metabolik yoldan olur. Bunun için böbrekler devreye girer; H<sup>+</sup> iyonu atılır ve HCO<sub>3</sub>- iyonu tutulur. Metabolik kompensasyon yavaş gerçekleşir; optimal 2-5 günde oluşur.<sup>[7-9]</sup>

**2. Metabolik asidoz:** pH 7.35'in, HCO<sub>3</sub>- düzeyi 22 mmol/L'nin altındadır. Kuvvetli bir asit alımı ve asit yükü artımı veya böbrekler ya da gastrointestinal sistem yolu ile aşırı HCO<sub>3</sub>- kaybı nedeniyle ortaya çıkar. En sık asit yükü artışına bağlı oluşur. Kompensasyon öncelikli olarak solunum sistemi aracılığıyla olur. Artan H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonu solunum merkezini uyarak hiperventilasyon yapar. "Kussmaul solunum" ile CO<sub>2</sub> atılımı artar. Solunumsal kompensasyon dakikalar içinde başlar ve 12-24 saatte en üst düzeye ulaşır. Eğer metabolik asidozun birincil nedeni böbrekler değilse, böbrekler de daha sonradan kompensasyona katılır.<sup>[7-9]</sup>

#### ◆ Alkalozlar

**1. Solunumsal alkaloz:** pH değerinin 7.45 üzerinde ve PaCO<sub>2</sub> değerinin 35 mmHg'nin altında olduğu tablodur. En sık mekanizma artmış solunum hızı ve/veya derinliği nedeniyle PaCO<sub>2</sub> azalmasıdır. Bu durum pH'yı hızla yükseltir. Asit baz dengesini korumak için böbrekler HCO<sub>3</sub>- kaybını artırır. Metabolik kompensasyon 2-5 günde optimal olur.<sup>[7-9]</sup>

**2. Metabolik alkaloz:** pH değeri 7.45'in, HCO<sub>3</sub>- düzeyi 26 mmol/L'nin üzerindedir. Sıklıkla kuvvetli asit kaybına, daha az sıklıkla ise baz artışına bağlı olarak meydana gelir.

Standart HCO<sub>3</sub>- yükselmiştir ve baz fazlalığı vardır. Solunumsal kompensasyon dakikalar içinde başlar ve 12-24 saatte en üst düzeye erişir. Solunum sayısı azaltılarak CO<sub>2</sub> yükselir. Eğer metabolik alkaloz uzar ise ve neden böbrek kaynaklı değil ise böbrekler de kompensasyona karışır. Hidrojen iyonunu tutar ve HCO<sub>3</sub>- iyonu atar.<sup>[7-9]</sup>

Kan pH'sının normal sınırlarda tutulması için Henderson-Hasselbalch denkleminde göre HCO<sub>3</sub>-/PaCO<sub>2</sub> 20 olmalıdır. Kompensasyon mekanizmaları bu amaçla çalışır. Örneğin; metabolik asidozda HCO<sub>3</sub>- azaldığında PaCO<sub>2</sub>'nin de azalması gerekir. Bu nedenle solunumsal olarak atılımı artar. Basit asit-baz dengesi bozukluklarında pH'yı normal aralığa getirmek için ortaya çıkan bu kompensatuvar yanıtlar Tablo 2'de görülmektedir.<sup>[7-9]</sup>

Basit asit-baz dengesi bozukluğunda beklenen kompensasyon değerleri de Tablo 3'de belirtilmiştir. Bu kompensasyon değerlerinin iyi bilinmesi gerekir. Çünkü basit ve mikst asit-baz dengesi bozukluklarının ayırımında son derece önemlidir.<sup>[2,7-9]</sup>

Basit asit-baz dengesi bozukluğunda meydana gelen kompensasyon düzeyi, beklenen kompensasyon aralığının dışındaysa (beklenen değerden daha fazla veya daha az) mikst asit-baz dengesi bozukluğu mevcut olabilir. Basit asit-baz bozukluğunda kompensasyon mekanizmaları ile pH tam normale getirilemez. Patolojik PaCO<sub>2</sub> ve HCO<sub>3</sub>- düzeyi varlığında normal pH var ise yine mikst asit-baz dengesi bozukluğunun varlığı akla gelmelidir. Örneğin; AKG'de normal pH ve yüksek PaCO<sub>2</sub> (>45 mmHg) olan hastada mikst metabolik alkaloz ve solunumsal asidoz düşünmemiz gerekir. Kronik obstrüktif akciğer hastalığına (KOA) bağlı kronik solunumsal asidozu bulunan bir hastada sık kusma bu tabloya neden olabilir. Yine AKG'de normal pH ile birlikte düşük PaCO<sub>2</sub> (<35 mmHg) düzeyi mikst metabolik asidoz ve solunumsal alkalozu bize düşündürülebilir. Bu tip mikst asit baz bozukluğuna klinikte sık rastlanır. Kardiyorenal sendrom, sepsis/septik şokun erken dönemi, salisilat toksisitesi nedenler arasında sayılabilir. Hatta AKG'de normal pH ve normal PaCO<sub>2</sub> değeri olabilir. Genellikle patoloji olmadığı düşünülebilir; ama mikst metabolik alkaloz ve metabolik asidoz bu tabloya neden olabilir. (Örneğin; diyabetik ketoasidoz ve kusma, diyare ve kusma birlikteliğinde olduğu gibi). Tanı klinik tablo ve anyon açığı hesaplanması ile konulabilir (Tablo 4).<sup>[5]</sup>

**Tablo 2. Basit asit-baz dengesi bozuklukları ve kompensatuvar yanıtlar**

	pH	H <sup>+</sup>	PaCO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Normal	7.4	40 nmol/L	40 mmHg	24 mmol/L
Solunumsal asidoz	Azalır	Artar	Primer artar	Kompansatuvar olarak böbrek tarafından tutulumu artar
Solunumsal alkaloz	Artar	Azalır	Primer azalır	Kompansatuvar olarak böbrek tarafından atılımı artar
Metabolik asidoz	Azalır	Artar	Kompansatuvar olarak akciğer tarafından atılımı artar	Primer azalır
Metabolik alkaloz	Artar	Azalır	Kompansatuvar olarak akciğer tarafından atılımı azalır	Primer artar

**Tablo 3. Basit asit-baz dengesi bozukluğunda beklenen kompensatuvar yanıt değerleri**

Asit-baz dengesi bozukluğu	Kompansatuvar yanıt değerleri
Metabolik asidoz	Beklenen PaCO <sub>2</sub> = 1.5 x HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 8±2 veya HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> de 1 mmol/L'lik azalma PaCO <sub>2</sub> de 1.0-1.3 mmHg'lik azalma yapar
Metabolik alkaloz	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 'daki her 1 mmol/L'lik artış için PaCO <sub>2</sub> 0.6-0.7 mmHg artar
Solunumsal asidoz (akut)	Her 10 mmHg PaCO <sub>2</sub> artışı için HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 1 mmol/L artar, pH 0.08 azalır
Solunumsal asidoz (kronik)	Her 10 mmHg PaCO <sub>2</sub> artışı için HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 3-4 mmol/L artar, pH 0.03 azalır
Solunumsal alkaloz (akut)	Her 10 mmHg PaCO <sub>2</sub> azalışı için HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 2 mmol/L azalır, pH 0.08 artar
Solunumsal alkaloz (kronik)	Her 10 mmHg PaCO <sub>2</sub> azalışı için HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 5 mmol/L azalır, pH 0.03 artar

Metabolik asidoz veya mikst asit-baz dengesizliği olduğu düşünülen hastalarda mutlaka anyon açığı (AA) ve AA var ise de delta-delta açığı ( $\Delta AA/\Delta HCO_3^-$ ) hesaplanmalıdır.<sup>[3,5,10]</sup>

### Anyon açığı

Anyon açığı ölçülen serum katyonları (pozitif yüklü partiküller) ile anyonları (negatif yüklü partiküller) arasındaki farkı ifade eder. Günlük pratikte ölçülen kation sodyum, anyonlar ise klor ve bikarbonattır.

$$AA = Na - (HCO_3 + Cl)$$

Metabolik asidozun volatil olmayan asitlerin (laktik asit, ketoasitler, vb.) birikmesine mi (artmış AA'lı, normokloremik metabolik asidoz), bikarbonat kaybına mı bağlı olduğunu (normal AA'lı, hiperkloremik metabolik asidoz) göstermek için kullanılır (Tablo 5). Normal AA: 12±4 mEq/L'dir. Albümin düzeyi düşük olan hastalarda, AA albümin düzeyine göre düzeltilmelidir.

Artmış AA'lı metabolik asidozun varlığında ikinci bir metabolik asit-baz dengesi bozukluğunu ortaya çıkarmak için "delta-delta açığı" hesaplanır. Hesaplama AA'daki artış, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'daki azalmayla kıyaslanır.

$$\Delta AA/\Delta HCO_3^- = (\text{Hesaplanan AA} - 12) / (24 - \text{ölçülen HCO}_3^-)$$

Sadece artmış AA'lı metabolik asidoz varlığında  $\Delta AA/\Delta HCO_3^- = 1$ 'dir. Eğer hiperkloremik metabolik asidozda mevcutsa  $\Delta AA/\Delta HCO_3^- < 1$ 'dir. Eğer metabolik alkaloz da mevcutsa  $\Delta AA/\Delta HCO_3^- > 1$ 'dir.

AKG'nin sistematik yorumlanması konusunda değişik kaynaklarda değişik yaklaşımlar görülebilir.

### AKG'nin sistematik yorumlanması<sup>[3,5,11,12]</sup>

1. Oksijenlenmeyi değerlendirmek için PaO<sub>2</sub> incelenir.
2. Ventilasyonu değerlendirmek için PaCO<sub>2</sub> incelenir.

**Tablo 4. Bazı mikst ve kompleks asit-baz dengesi bozuklukları**

Bozukluk	Özellikleri	Klinik örnekler
Solunumsal ve metabolik asidoz	pH ve HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> düzeyi düşer, PaCO <sub>2</sub> yükselir	Kardiyak arrest, intoksikasyonlar, çoklu organ yetersizliği
Solunumsal ve metabolik alkaloz	pH ve HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> düzeyi yükselir, PaCO <sub>2</sub> düşer	Siroz ve diüretik, kusan gebe, KOAH'da aşırı ventilasyon
Solunumsal asidoz ve metabolik alkaloz	pH normaldir. HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ve PaCO <sub>2</sub> düzeyi yükselir	Diüretik kullanan, kusan veya NG aspirasyon yapılan KOAH'lı hasta
Solunumsal alkaloz ve metabolik asidoz	pH normaldir. HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ve PaCO <sub>2</sub> düzeyi düşer	Sepsis, salisilat toksisitesi, ileri karaciğer yetmezliği, kalp ve renal yetmezlik birlikteliği
Metabolik asidoz ve metabolik alkaloz	pH ve HCO <sub>3</sub> normal sınırlardadır	Üremisi veya ketoasidozu olan hastada kusma, NG aspirasyon yapılması veya diüretik kullanılması

NG: Nazo-gastrik; KOAH: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı.

**Tablo 5. Anyon açığına göre metabolik asidoz sebepleri<sup>[5]</sup>**

Artmış AA'lı (normokloremik) metabolik asidoz	Normal AA'lı (hiperkloremik) metabolik asidoz
Laktik asidoz	Diyare
Ketoasidoz	İzotonik salin infüzyonu
Son dönem böbrek yetersizliği	Böbrek yetersizliğinin erken dönemi
İntoksikasyonlar (metil ve propil alkol, etilen glikol, salisilat vb)	Asetazolamid Üreteroenterostomi Renal tübüler asidoz

3. Gaz alışverişini değerlendirmek için P(A-a)O<sub>2</sub> hesaplanır.

4. Asit-baz dengesi incelenir

- Genel değerlendirme için pH'ya bakılır.
- PaCO<sub>2</sub> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> incelenerek solunumsal ve metabolik durum saptanır.
- Primer asit-baz bozukluğunun ayırıcı tanısı yapılır.
- Kompansasyon olup olmadığı değerlendirilir.
- Asit-baz bozukluğunun akut-kronik, basit veya mikst özelliği belirlenir.

Asit-baz dengesinin incelenmesi için;

### 1. Basamak: Primer asit-baz dengesi bozukluğunun bulunması

**1. Kural:** pH ve/veya PaCO<sub>2</sub> normal aralık dışındaysa, asit-baz dengesi bozukluğu mevcuttur.

**2. Kural:** Hem pH, hem de PaCO<sub>2</sub> normal aralık dışında ise, değişme yönleri incelenerek primer asit-baz dengesi bozukluğu tespit edilir.

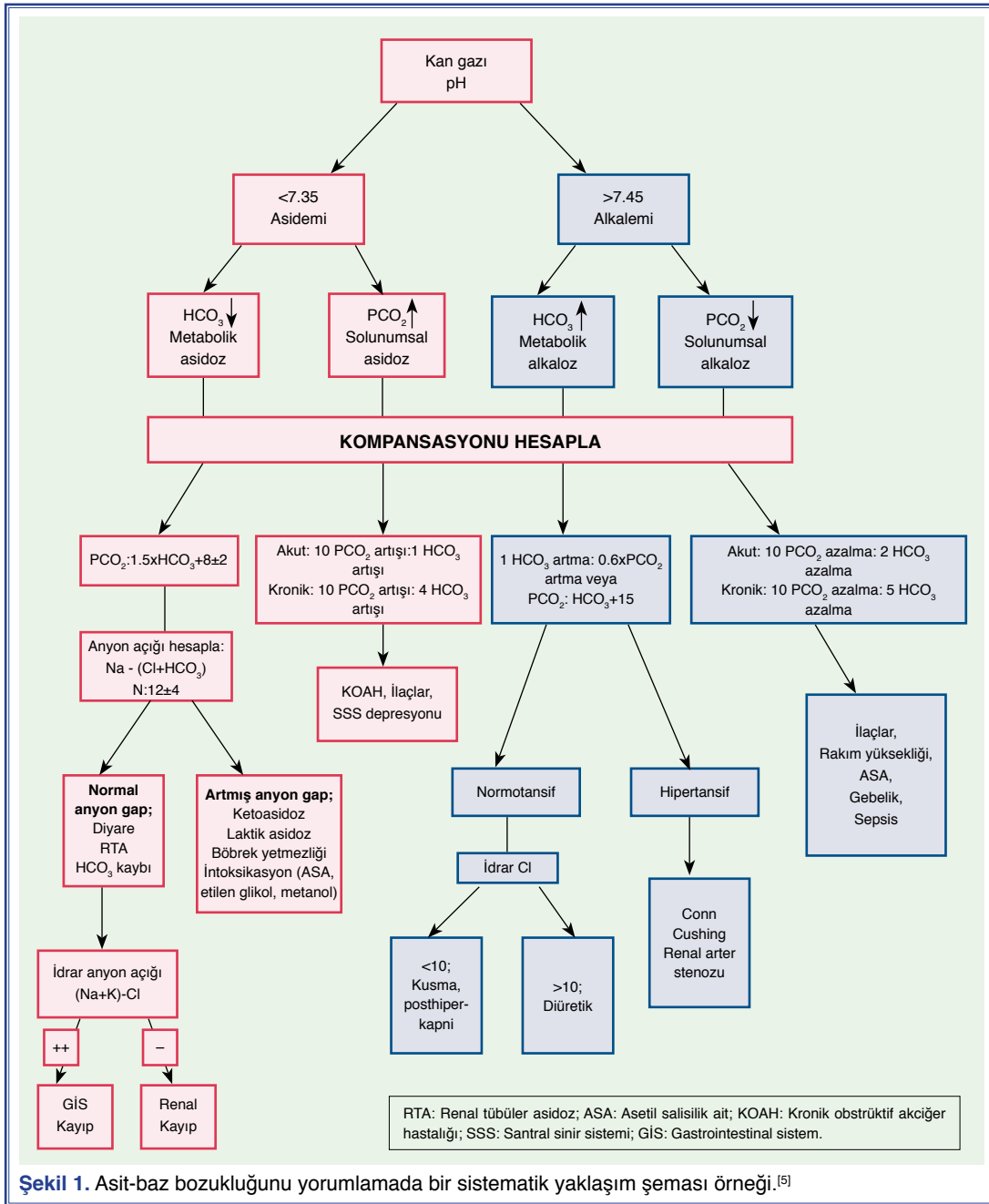
Örnek: pH 7.21, PaCO<sub>2</sub> 21 mmHg gibi bir kan gazı değerinde pH asidemik, PaCO<sub>2</sub> normalden düşüktür. Primer sorun metabolik asidozdur.

**3. Kural:** pH ya da PaCO<sub>2</sub>'den biri normale, mikst asit-baz dengesi bozukluğu mevcuttur. Eğer pH normal ise, PaCO<sub>2</sub>'nin değişme yönü solunumsal bozukluğu; eğer PaCO<sub>2</sub> normal ise, pH'nın değişme yönü metabolik bozukluğu tanımlar.

### 2. Basamak: Beklenen yanıtın değerlendirilmesi

Primer asit-baz dengesi bozukluğu tesbit edildiğinde, dördüncü ve beşinci kural uygulanır. Eğer mikst bozukluk tespit edilmişse, ikinci basamak atlanarak üçüncü basamağa geçilir.

**4. Kural:** Eğer primer metabolik asidoz ya da al-



kaloz tespit edilmişse, beklenen PaCO<sub>2</sub> hesaplanır. Eğer PaCO<sub>2</sub> beklenen aralıkta ise, tam kompensasyon söz konusudur. Eğer beklenen değerden fazla ise eşlik eden solunumsal asidoz mevcuttur. Eğer beklenen değerden az ise, eşlik eden solunumsal alkaloz mevcuttur.

**5. Kural:** Eğer solunumsal asidoz veya alkaloz mevcut ise, durumun akut, kısmi olarak kompanse edilmiş ya da tam kompanse edilmiş olup olmadığı

tespit edilir. Solunumsal asidozda, pH akut solunumsal asidozda beklenen değer altındaysa, eşlik eden metabolik asidoz mevcuttur. Eğer kronik solunumsal asidozda beklenen değer üzerindeyse, eşlik eden metabolik alkaloz mevcuttur. Solunumsal alkalozda, pH akut solunumsal alkalozda beklenen değer üzerindeyse, eşlik eden metabolik alkaloz mevcuttur. Eğer kronik solunumsal alkalozda beklenen değer altındaysa, eşlik eden metabolik asidoz mevcuttur.

### 3. Basamak: Metabolik asidozda anyon açığının değerlendirilmesi

Bu basamak, metabolik asidozu olan hastalarda metabolik asidozun tipini belirlemek için ve üçlü asit-baz dengesi bozukluklarının tanısı için gereklidir. Önce AA hesaplanır; AA artmış ise delta-delta açık hesaplanarak normal AA'lı metabolik asidoz ya da metabolik alkalozun eşlik edip etmediği tespit edilir.

Örnek: pH 7.46, PaCO<sub>2</sub> 20 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 14 mmol/L, AG 35 mEq/L.

pH artmış, PaCO<sub>2</sub> normalin altında olduğu için solunumsal alkaloz mevcuttur. Her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> azalışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 2 mmol/L azalır. 2x2=4, beklenen HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>=24-4=20, beklenen HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (20) > ölçülen HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (14) olduğundan eşlik eden metabolik asidoz mevcuttur. AA yüksek olduğu için artmış AA'lı metabolik asidoz söz konusudur. AA'daki artışın (ΔAA=35-12=23), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'deki azalmaya (ΔHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>=24-14=10) oranı (23/10) >1 olduğundan eşlik eden metabolik alkaloz da mevcuttur. Sonuçta bu kişide arter kan gazı sonucuna göre solunumsal alkaloz, artmış AA'lı metabolik asidoz ve metabolik alkaloz bulunmaktadır.

#### Örnekler

**Örnek 1:** Kırk iki yaşındaki erkek hastada aşağıdaki kan gazı değerleri bulunmuştur. Patoloji nedir?

pH 7.26, PaCO<sub>2</sub> 28 mmHg, PaO<sub>2</sub> 107 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 12 mmol/L, SaO<sub>2</sub> %97, Na<sup>+</sup> 139 mEq/L, Cl 104 mEq/L.

1. PO<sub>2</sub> 107 mmHg, normal diyebilmek için kan gazının alındığı şartları, hastanın oksijen alıp almadığını bilmemiz gerekiyor (Normoksemik).

2. PCO<sub>2</sub> 28 mmHg, düşük (hiperventile gözükyor).

3. Gaz alış verişini değerlendirmek için p(A-a) O<sub>2</sub> hesaplanması gerekir. Deniz seviyesinde ve oksijen almadığını varsayalım ve öyle hesaplayalım.

$p(A-a)O_2 = [150 - (1.25 \times PaCO_2)] - PaO_2$  formülüyle hesaplanabilir.

$[150 - (1.25 \times 28)] - 107 = 8$  (Normal alveolo-arteriyel oksijen farkı var)

*Asit-baz dengesi incelenmesi*

1. Basamak: Asidoz-Alkaloz: Asidoz (pH: 7.26)

2. Basamak: pH-pCO<sub>2</sub> aynı yönde değişmiş; metabolik asidoz (ikisi de azalmış).

Metabolik asidoz için: Beklenen PaCO<sub>2</sub>=1.5 x HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 8 (±2) = (1.5x12)+8=26±2, beklenen PaCO<sub>2</sub> yanıtı olması gereken sınırlarda; metabolik asidoz.

3. Basamak

AA= Na<sup>+</sup> - (Cl<sup>-</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) = 139 - (104+12) = 23

Artmış AA'lı metabolik asidoz.

ΔAA/ΔHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 23-12 / 24-12 = 1

Sadece artmış AA'lı metabolik asidoz bulunmaktadır.

**Örnek 2:** Kırk beş yaşında erkek hasta nefes darlığı yakınması ile hastaneye başvuruyor. Kan gazları: pH 7.34, PaCO<sub>2</sub> 60 mmHg, PaO<sub>2</sub> 57 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 31 mmol/L'dür.

1. PO<sub>2</sub> 57 mmHg, kan gazının alındığı şartları, hastanın oksijen alıp almadığını bilmemiz gerekiyor. (Yine de hasta hipoksemik).

2. PCO<sub>2</sub> 60 mmHg, yüksek, hipoventile veya karbondioksit yükü artmış.

3. Gaz alış verişini değerlendirmek için p(A-a) O<sub>2</sub> hesaplanması gerekir. Deniz seviyesinde ve oksijen almadığını varsayıp hesaplayalım.

$p(A-a)O_2 = [150 - (1.25 \times PaCO_2)] - PaO_2$  formülüyle hesaplanabilir.

$[150 - (1.25 \times 60)] - 57 = 18$ , çok hafif artmış; intrapulmoner şant düşündürmez.

*Asit-baz dengesi incelenmesi*

1. Basamak: Asidoz-Alkaloz: Sınırdaki asidoz (pH=7.34).

2. Basamak: pH-pCO<sub>2</sub> farklı yönde değişmiş: Solunumsal asidoz.

Her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 1 mmol/L artar, pH 0.08 azalır. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 2 mmol/L artması, pH'nın 0.16 azalması gerekirdi. Yani pH 7.24, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 28 olması gerekirdi. pH daha az azalmış, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ise daha fazla artmış. Yani olaya metabolik alkaloz eklenmiş denilebilir.

Eğer olay kronikse her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 3-4 mmol/L artar, pH 0.03 azalır. Eğer olay kronikse HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 6-8 mmol/L artar, pH 0.06 azalır. Yani pH 7.34, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 30-32 mEq/L olmalı. Olay

kompanse olmuş olarak yorumlanabilir. Hikaye, yani semptomun süresi çözüm için önemli.

**Örnek 3:** Bir kadın evinde komşuları tarafından baygın halde bulunarak acil servise getirilmiş. Kan gazı değerleri; pH 7.21, pCO<sub>2</sub> 86 mmHg, pO<sub>2</sub> 39 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 34.8 mmol/L, SO<sub>2</sub> %62'dir.

Oksijen saturasyonu ve kısmi oksijen değeri çok düşük olan bu kan gazı örneği arter kan gazı örneği midir?

Eğer hasta hipotansif değilse örnek alınırken kan enjektöre kendiliğinden dolar. Periferik ven kanında PO<sub>2</sub> daima <40 mmHg ve sıklıkla <30 mmHg'dir. PO<sub>2</sub> >40 mmHg, SO<sub>2</sub> >%75 ise arter kanı olma olasılığı yüksektir. Ayırım yapılamaz ise tekrarlanabilir. Hasta hipotansif ve hipotermik değilse puls oksimetri ile kontrolü yapılabilir.

Bu kan gazını artere ait örnek kabul etmesek bile asit-baz dengesinin değerlendirmesi için kullanabiliriz.

Kan gazı değerleri birbiri ile uyumlu mu? Kan gazının doğruluğunu/güvenilirliğini nasıl değerlendirelim?

Henderson-Hasselbalch denkleminde göre  $H^+ = 24 \times PaCO_2 / HCO_3^-$ 'dir. Elimizdeki kan gazı değerlerine göre H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonu tespit edilir. H<sup>+</sup> iyonunun 40 nmol/L'den olan her 1 nmol sapması pH'da tersi yönde 0.01 bir sapma meydana getirmesi beklenir.  $H^+ = 24 \times 86 / 34.8 = 59.31$ ;  $59.31 - 40 = 19.31$ ;  $19.31 \times 0.01 = 0.193$ ;  $7.4 - 0.193 = 7.207$  elimizdeki kan gazının pH'sı 7.21, birbirine çok yakın kan gazı değerleri uyumlu, doğru.

1. PO<sub>2</sub> 39 mmHg, bu kan gazının artere ait olup olmadığı konusunda şüphelerimiz var; o nedenle oksijenlenmeyi değerlendirmeyelim.

2. PCO<sub>2</sub> 86 mmHg, kan örneği vene ait bile olsa pCO<sub>2</sub> çok yüksek, hasta hipoventile.

3. Arter kan gazı olmadığını düşünüyorsak gaz alışverişini değerlendirmek için p(A-a)O<sub>2</sub> hesaplamamız gerekir.

#### *Asit-baz dengesi incelenmesi*

1. *Basamak:* Asidoz-Alkaloz: Asidoz (pH=7.21)

2. *Basamak:* pH-pCO<sub>2</sub> farklı yönde değişmiş; solunumsal asidoz.

Her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 1 mmol/L artar, pH 0.08 azalır.

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 4.6 mEq/L artması, pH'nın 0.368 azalması gerekirdi. Yani pH 7.032, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 30.6 olması gerekirdi. pH daha az azalmış, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'de daha fazla artmış. Yani metabolik alkaloz da olaya eklenmiş.

Eğer olay kronik ise her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 3-4 mmol/L artar, pH 0.03 azalır. Eğer olay kronikse HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 13.8-18.4 mmol/L artar, pH 0.138 azalır. Yani pH 7.262, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 39.8 - 44.4 mmol/L olmalı. Hasta daha tam kompanse olmamış. Hastanın hikayesindeki olayın süresi önem taşımaktadır.

**Örnek 4:** pH 7.48, PaCO<sub>2</sub> 43.6 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 31.5 mmol/L, BE +4.5 mmol/L olan hastada var olan asit-baz dengesizliği nedir?

#### *Asit-baz dengesi incelenmesi*

1. *Basamak:* Asidoz-Alkaloz: Alkaloz (pH=7.48)

2. *Basamak:* pH-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> aynı yönde değişmiş; metabolik alkaloz.

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'daki her 1 mmol/L'lik artış için PaCO<sub>2</sub> 0.6-0.7 mmHg artar.

$HCO_3^- = 31.5 - 24 = 7.5$ ;  $CO_2 = 7.5 \times 0.6 - 0.7 = 4.5 - 5.25$ ;  $PaCO_2 = 40 + 4.5 = 44.5$  sadece metabolik alkaloz gözüküyor.

**Örnek 5:** pH 7.46, PaCO<sub>2</sub> 20 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 9 mmol/L, AA 35 mEq/L olan bir hastada asit-baz dengesizliği nedir?

#### *Asit-baz dengesi incelenmesi*

1. *Basamak:* Asidoz-Alkaloz: Alkaloz (pH=7.46).

2. *Basamak:* pH-PaCO<sub>2</sub> farklı yönde değişmiş; solunumsal alkaloz.

Akut durumda; her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> azalışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 2 mmol/L azalır, pH 0.08 artar; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 20, pH 7.56 olmalıydı.

Kronik durumda; her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> azalışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 5 mmol/L azalır, pH 0.03 artar. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 14, pH 7.46 olmalıydı.

3. *Basamak:* AA yüksek ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> beklenenden daha düşük olduğu için hastada artmış AA'lı metabolik asidoz da bulunmaktadır. Artmış AA'lı hastada delta-delta açığına bakılacak.

Delta-delta açığı ( $\Delta AA / \Delta HCO_3^- = 35 - 12 / 24 - 9$ )



= 23/15=1.53, (>1 olduğu için) metabolik alkaloz da bulunmaktadır.

Sonuçta hastada solunumsal alkaloz, metabolik asidoz ve metabolik alkaloz vardır.

**Örnek 6:** Elli üç yaşında, KOAH ve kalp yetersizliği olan hasta acil servise nefes darlığı ile geliyor. Oda havasında AKG pH 7,43, PaCO<sub>2</sub> 78 mmHg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 50 mmol/L, PaO<sub>2</sub> 51 mmHg, oksijen saturasyonu %88 olarak tespit ediliyor. Patolojileri belirtiniz.

1. PO<sub>2</sub> 51 mmHg, oda havasında hasta ağır hipoksemik.

2. PCO<sub>2</sub> 78 mmHg, yüksek, hipoventile.

3. Gaz alış verişini değerlendirmek için p(A-a)O<sub>2</sub> hesaplanması gerekir. Deniz seviyesinde ve oksijen almadığını farz edelim ve öyle hesaplayalım.

p(A-a)O<sub>2</sub>=[150-(1.25xPaCO<sub>2</sub>)]-PaO<sub>2</sub> formülüyle hesaplanabilir.

[150-(1.25x78)]-51= 2, fark yok.

*Asit-baz dengesi incelenmesi*

1. *Basamak:* Asidoz-Alkaloz: Normal pH.

2. *Basamak:* Normal pH ama yüksek PaCO<sub>2</sub> (>45 mmHg) olan hastada mikst bir bozukluk düşünmemiz gerekir.

Yüksek PaCO<sub>2</sub> (>45 mmHg) solunumsal asidoz. Akut olayda her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 1 mmol/L artar, pH 0.08 azalır. 78-40=38, 38/10=3.8; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 3.8 mmol/L artmalı, pH 0.3 azalmalıydı. Eğer olayın kronik olduğunu düşünürsek her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 3-4 mmol/L artar, pH 0.03 azalır. PH'da hiçbir zaman normale gelmezdi. Yani HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>=3.8x4=15.2 artmalı, pH 0.114 azalmalıydı. pH normal olduğu için ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> beklenenden çok daha fazla arttığı için olaya metabolik alkaloz da eklenmiştir.

Sonuç olarak, AKG incelemesi hastanın fizyolojik durumu ile ilgili değerli bilgiler verir. Bu değerlerden anlam çıkarabilmek için kan gazı sonuçlarını siste-

matik bir yaklaşım ile yorumlamak gerekir. Değişik kaynaklarda değişik yorumlama yaklaşımları görülebilir. Önemli olan bu sonuçların hastanın hikayesi, fizik muayenesi ve laboratuvar bulguları ile birlikte değerlendirilebilmesidir.

*Yazar ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir ilgi çakışması (conflict of interest) yoktur.*

## KAYNAKLAR

1. Börekçi Ş, Umut S. Arter kan gazı analizi, alma tekniği ve yorumlanması. Türk Toraks Dergisi 2011;12(Ek 1):5-9.
2. Acıcan T. Arter kan gazları. Yoğun Bakım Dergisi 2003;3:160-75.
3. Saryal S. Arter kan gazları. İçinde: Numanoglu N, editor. Solunum sistemi ve hastalıkları. Ankara: Antıp AŞ; 1997. s. 201-17.
4. Day J, Pandit JJ. Analysis of blood gases and acid-base balance. Surgery Oxford 2011;29:107-11. [CrossRef](#)
5. Grogono AW. Acid-base tutorial. Available at: <http://www.acid-base.com/clinical.php>. Accessed: February 10, 2014.
6. Marik PE. Acid-base disturbances. In: Marik PE, editor. Handbook of evidence-based critical care. New York: Springer; 2010. p.453-61. [CrossRef](#)
7. Dokwal CP. Interpretation of arterial blood gases. Pulse 2009;3:15-9.
8. Smith A, Taylor C. Analysis of blood gases and acid-base balance. Surgery Oxford 2005;23:194-98. [CrossRef](#)
9. Sood P, Paul G, Puri S. Interpretation of arterial blood gas. Indian J Crit Care Med 2010;14:57-64. [CrossRef](#)
10. Williams AJ. ABC of oxygen: assessing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance. BMJ 1998;317:1213-6. [CrossRef](#)
11. Kaufman DA. Interpretation of arterial blood gases (ABGs). Available at: <http://www.thoracic.org/clinical/critical-care/clinical-education/abgs.php>. Accessed: February 10, 2014.
12. Woodrow P. Arterial blood gas analysis. Nurs Stand 2004;18:45-52. [CrossRef](#)

**Anahtar sözcükler:** Arteriyel kan gazı yorumlama; asit-baz dengesi; asidoz/kan; bikarbonat; kan gazı analizi/yöntem; karbondioksit; oksijen/kan.

**Key words:** Arterial blood gas interpretation; acid-base equilibrium; acidosis/blood; bicarbonates; blood gas analysis/methods; carbon dioxide; oxygen/blood.