

# ASİT BAZ DENGESİ VE KAN GAZLARI DEĞERLENDİRMESİ

Hatem DOĞU<sup>1</sup>

Vücutta gelişen birçok biyokimyasal reaksiyonun devam edebilmesi ancak fizyolojik H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonunun sürdürülebilmesine bağlıdır. Hidrojen iyon konsantrasyonunun bozulması, yani asit-baz dengesindeki bir bozukluk, birçok organda fonksiyon bozukluğuna neden olur. Hidrojen iyon konsantrasyonunun artması asidoza, azalması ise alkalozu neden olur.

Asidoz ve alkalozun organizmada yaptığı fizyolojik değişikliklere bir göz atalım.

## 1. Asidozun Fizyolojik Etkileri

Asidozun etkileri sonucunda ortaya çıkacak olan fizyolojik durum asidozun olumsuz direkt etkileri ile sempatoadrenal aktivite arasındaki dengeye bağlıdır. Ancak asidoz ağırlaştıkça (pH<7.20) direkt depresan etkiler öne çıkmaya başlar. Asidoz miyokardiyal depresyona neden olarak kontraktiletiyi azaltır ve kalp debisinin düşmesine neden olur. Vasküler düz kas depresyonuna neden olarak periferik vasküler rezistansı düşürür. Ayrıca miyokard ve vasküler düz kasların, eksojen ve endojen katekolaminlere yanıtı azalır. Tüm bu etkilerin sonucunda gittikçe ilerleyen bir hipotansiyon ortaya çıkar. Oksihemoglobin dissosiasyon eğrisinde sağa kaymaya neden olarak oksijenin, hemoglobinden ayrılmasını kolaylaştırır, ancak yukarıda saydığımız nedenlerden dolayı doku düzeyinde hipoksiye neden olabilir. Ventriküler fibrilasyon eşiği düşer. Asidemiye azaltmak amacı ile intraselüler K<sup>+</sup> ile ekstraselüler H<sup>+</sup> yer değiştirir ve tehlikeli hiperkalemi ortaya çıkabilir.

## 2. Alkalozun Fizyolojik Etkileri

Alkaloz oksihemoglobin dissosiasyon eğrisini sola kaydırarak oksijenin hemoglobinden

ayrılmasını zorlaştırır. İntraselüler H<sup>+</sup> ile ekstraselüler K<sup>+</sup> yer değiştirerek hipokalemiye neden olabilir. Alkaloz ile plazma proteinleri üzerinde Ca<sup>++</sup> iyonlarının bağlanabileceği anyonik alanlar artar ve kandaki iyonize kalsiyum düzeyi düşer. Bunun sonucunda dolaşım depresyonu ve nöromusküler irritabilite ortaya çıkar. Respiratuar alkaloz beyin kan akımını azaltır, sistemik vasküler rezistansı artırır ve koroner vazospazma neden olabilir. Akciğerlerde bronş düz kası tonusu artarken pulmoner vasküler rezistans düşer.

Yukarıda bahsedilen fizyolojik değişikliklere neden olan asit-baz dengesi bozukluklarının teşhis ve takibi, ayrıca akciğerlerdeki gaz değişiminin değerlendirilebilmesi için en uygun laboratuvar testi arter kan gazlarının (AKG) bakılmasıdır. AKG analizi, arteriel kanın pH'sı ve O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin kanda oluşturdukları kısmi basınca (PaO<sub>2</sub> ve PaCO<sub>2</sub>) bakılması ile yapılır. Günümüzde kullanılan AKG cihazları standart olarak üç elektrot içerirler. Bunlar pH (sıklıkla Ag/AgCl veya Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> elektrotları), PaO<sub>2</sub> (sıklıkla Clark elektrodu) ve PaCO<sub>2</sub> (sıklıkla Severinghaus elektrodu) elektrotlarıdır. Diğer parametreler Henderson-Hasselbalch denklemi, Siggaard-Andersen nomogramı ve oksihemoglobin dissosiasyon eğrisinden hesaplanır. Birçok kan gazları cihazı, çıktılarında ölçülen ve hesaplanan değerleri ayırarak yazar.

Kan gazları analizinde kullanılan parametrelere kısaca göz atalım.

**pH:** H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritmasıdır. Normalde arteriyel kanda 40 nmol/l veya 40x10<sup>-9</sup> mmol/l bulunan H<sup>+</sup>'nin daha kolay sayılarla ifade edilebilmesi için böyle bir çözüm üretilmiştir. Arteriyel kandaki normal değeri 7.40±0.04'dür. Venöz kanda bundan 0.01-0.02 birim daha düşüktür. 7.36'nın altında olması asidozu, 7.44'ün üzerinde olması alkalozu gösterir. Ancak kompansasyon mekanizmaları nedeniyle pH'ın normal değerlerde olması bir asit-baz dengesi bozukluğu olmadığını göstermez.

**PaO<sub>2</sub>:** Arteriyel kanda eriyen O<sub>2</sub>'nin kısmi basıncını gösterir. Henry yasasına göre: "Bir sıvıda çözünen gazın volümü onun sıvı ile dengede olan kısmi basıncı ile doğru orantılıdır." Buradan yola çıkılarak ölçülen basınç, O<sub>2</sub>'nin kanda eriyen çok küçük bir kısmının oluşturduğu kısmi basınçtır. Bu nedenle de, klinik bilinmeden sadece PaO<sub>2</sub> değerine bakılarak yapılan değerlendirme yanıltıcı olabilir. Normal değeri genel olarak deniz seviyesinde 97-100 mmHg kadardır. Ancak yaş ve postüre göre değiştiği için şu iki formül geliştirilmiştir.

Yatar pozisyonda 103.5 - yaş x 0.42  
Ayakta 104.2 - yaş x 0.27

Mikst venöz kanda 75 mmHg kadardır. Arteriyel kanda 80 mmHg'nin altında olması genellikle hipoksemi olarak değerlendirilir.

**PaCO<sub>2</sub>:** Arteriyel kanda eriyen CO<sub>2</sub>'nin kısmi basıncını gösterir. PaO<sub>2</sub> ile aynı mantığa dayanır. CO<sub>2</sub> üretimi ve alveoler ventilasyonun bir ürünüdür. CO<sub>2</sub> üretimi genellikle sabit olduğundan sıklıkla alveoler ventilasyonu gösterir. Normal değeri 40±4 mmHg kadardır. Venöz kanda arteriyel kandan 4-6 mmHg daha yüksektir.

**Aktüel Bikarbonat:** Hastanın o anda arteriel kanındaki bikarbonat değerini gösterir. Direkt olarak ölçülmesi zordur. Bu nedenle genellikle Henderson-Hasselbalch denkleminde pH ve PaCO<sub>2</sub> değerlerine göre hesaplanır. Normal değeri 22±2 mmol/l'tir.

**Standart Bikarbonat:** 37°C'de, %100 O<sub>2</sub> saturasyonunda ve 40 mmHg PaCO<sub>2</sub> basıncında kalibre edilerek ölçülen plazma bikarbonat konsantrasyonudur. Normal değeri 24±4 mmol/l'tir. Respiratuar kompanzasyon ekarte edilerek hesaplandığı için metabolik komponenti gösterir.

**Total CO<sub>2</sub>:** Vücuttaki nonvolatil CO<sub>2</sub>'in toplamı yani aktüel bikarbonat ve plazmada çözülmüş CO<sub>2</sub>'nin toplamıdır. Normalde 24-29 mmol/l'tir. pH ve PaCO<sub>2</sub>'den hesaplanır.

**Tampon Bazları:** Kandaki bütün zayıf tampon anyonlarının (bikarbonat, hemoglobin ve plazma proteinlerinin negatif yüklü grupları) toplamıdır. Normal değeri 48 mmol/l'tir.

**Baz Fazlalığı (Excess):** 37°C'de, %100 O<sub>2</sub> saturasyonunda ve 40 mmHg PaCO<sub>2</sub> basıncındaki kanın pH'ının 7.40'a gelmesi için eklenmesi gereken asit veya baz miktarıdır. Normal değeri -3 ile +3 arasındadır. Metabolik olayların göstergesidir. Siggaart-Andersen nomogramından bakılarak bulunur.

**SaO<sub>2</sub>:** Bulunan PaO<sub>2</sub>'ye oksihemoglobin dissosiasyon eğrisinde karşılık gelen oksijen saturasyon değerini gösterir. SaO<sub>2</sub>'nin 50 olduğu PaO<sub>2</sub> değerine P<sub>50</sub> denir ki, bu da normal bir eğride 26.3 mmHg'ya karşılık gelir. Oksihemoglobin dissosiasyon eğrisinin sağa veya sola kaydığı durumlarda SaO<sub>2</sub> değeri yanlış bulunur; bu nedenle SaO<sub>2</sub>'nin pulse oksimetre ile ölçülmesi daha doğru sonuç verebilir.

### Kan Gazları Örneği Alımı Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler:

1. Kan anaerobik şartlarda alınmalı. Enjektör içinde hava kabarcığı varsa bunlar çıkarılarak enjektörün iğnesi eğilmeli.
2. Kanın pıhtılaşması engellenmeli. Bu iş için heparinle kaplanmış özel enjektör veya heparinle yıkanmış enjektörler kullanılır. Asidik olması nedeni ile heparin miktarına dikkat etmek gerekir; pH'yı etkileyebilir veya diğer parametrelerin dilue olmasına neden olabilir.
3. Örneğin alınması ile ölçülmesi arasındaki sürede hastaya ait ventilatör parametreleri veya medikasyonlarında değişiklik yapılmaması gerekir.
4. Ölçüm uzun sürecek ise, kan örneği ölçüm yerine buz içinde gitmeli, böylece kan hücrelerinin oksijeni tüketmesi engellenmelidir.

### Kan Gazları Değerlendirmesi

Kan gazları bir laboratuvar bulgusudur ve hastanın kliniğini bilmeden laboratuvar bulgularını doğru değerlendirmek hiçbir zaman mümkün değildir. Bu kural laboratuvar testleri arasında belki de en fazla kan gazları değerlendirmesi için doğrudur. Bir hastanın kliniği bilinmeden yapılan değerlendirme özellikle kompanzasyon miktarlarının hesaplanmasında yanlışlığa neden olacağından sonuç eksik veya yanlış bulunacaktır.

Kan gazları hem solunum fonksiyonları hem de asit-baz dengesi açısından değerlendirilebilir.

### A- Solunum Fonksiyonları Açısından Kan Gazları Değerlendirilmesi

İlk değerlendirilmesi gereken parametre PaO<sub>2</sub>'dir. Normal değerinin 97-100 mmHg arasında olmasına rağmen, 80-100 mmHg arasında genellikle önemli bir fizyolojik problem yaratmaz. Ancak gaz değişiminin bozulduğunun bir göstergesi şeklinde değerlendirilmez. PaO<sub>2</sub>'nin 60-80 mmHg arasında olması hipoksemi olarak değerlendirilmesine rağmen

PaO<sub>2</sub>'nin 60 mmHg'nin üzerinde olması hemoglobinin iyi bir oksijen yükü olduğunu gösterir (>%90). Oksijen sunumunun PaO<sub>2</sub>'den çok SaO<sub>2</sub>'nin bir fonksiyonu olması nedeni ile bu hastalarda da fizyolojik durum çok kötü olmayabilir. Bu hastalara uygulanacak tedaviyi kronik hastalık, yaş, genel durum, akut alevlenmenin nedeni gibi faktörler belirler. Ancak bu noktadan sonra PaO<sub>2</sub>'deki düşmeler SaO<sub>2</sub>'de de hızlı düşümlere neden olduğundan mutlak şekilde etkin müdahaleyi gerektirir.

**PaCO<sub>2</sub>:** Karbondioksit üretimi ve alveoler ventilasyonun bir fonksiyonudur. Tirotoksikoz, malign hipertermi ve ateş gibi CO<sub>2</sub> üretimi artışında veya nedeni ne olursa olsun alveoler ventilasyon azalmasında CO<sub>2</sub> atılımı azalacağı için PaCO<sub>2</sub> yükselir. PaCO<sub>2</sub>'nin 40-60 mmHg arasında olması alveoler ventilasyonun bozulduğunu gösterir; ancak genellikle çoğu hasta tarafından iyi tolere edilir. PaCO<sub>2</sub>'nin 60 mmHg üzerinde olduğu değerlerde ise genellikle alveoler ventilasyonun artırılması için mekanik ventilasyon endikasyonu vardır. Ancak KOAH'lı hastalar genellikle daha yüksek PaCO<sub>2</sub> düzeyleri ile yaşamlarını sürdürdüğünden mekanik ventilasyon endikasyonu genellikle klinik bulgulara göre konur.

### B- Asit-Baz Dengesi Açısından Değerlendirme

1. pH'ya bakın. Asidemi veya alkilemi var mı? Asidemi veya alkilemi olmaması hastada asidoz veya alkaloz olmadığını göstermez.

2. PaCO<sub>2</sub>'ye bakın. PaCO<sub>2</sub>'deki değişiklik respiratuar komponenti açıklıyor mu? PaCO<sub>2</sub>'deki düşme respiratuar alkaloz veya metabolik asidoz sonucu ortaya çıkarken, PaCO<sub>2</sub>'deki yükselme respiratuar asidoz veya metabolik alkalozu işaret eder.

3. PaCO<sub>2</sub>'deki değişme pH'daki değişimi açıklamıyorsa HCO<sub>3</sub>'daki değişime bakın. HCO<sub>3</sub>'daki değişim metabolik bir komponente işaret edebilir.

4. Bu üç parametreye bakarak primer bozukluğu teşhis edin.

5. Respiratuar ve metabolik komponentlerin kompanzasyon miktarını aşağıdaki formüllerle karşılaştırarak (Tablo I) mikst bir asit-baz bozukluğu olup olmadığını araştırın. PaCO<sub>2</sub> ve HCO<sub>3</sub>'daki değişim her zaman aynı yönde olmalıdır (ikisinde birden artış veya azalma). Eğer kompanzasyon için olan değişim farklı yönde veya aynı yönde olduğu halde beklenildiği miktarda gerçekleşmemişse mikst asit-baz bozukluğu vardır.

6. Mikst asit-baz bozukluğunu tanımlayın.

7. Metabolik asidoz varsa anyon açığı (gap) hesaplayın. Anyon açığı ölçülen major katyonlar ile ölçülen major anyonlar arasındaki farkı gösterir. Aslında organizmada anyonlar ile katyonlar arasında böyle bir farklılık yoktur, çünkü tam bir elektriksel nötralite mevcuttur. Bu nedenle burada ölçülen fark, aynı zamanda ölçülemeyen anyonlar ile ölçülemeyen katyonlar arasındaki farkı gösterir. Hesaplanma formülü şöyledir.

$$\text{Anyon açığı} = \text{Na} - (\text{Cl} + \text{HCO}_3) = 9-15 \text{ mEq/L}$$

Kana eklenen bir nonvolatil kuvvetli bir asit, H<sup>+</sup> ve anyonuna ayrışır. Ortaya çıkan H<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ile birleşerek CO<sub>2</sub> oluşturur. Bu arada asitten ayrılan anyon birikerek ekstraselüler sıvıda azalan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'ün yerini alır ve böylece anyon açığı artmış olur.

8. Metabolik alkaloz varsa üriner klorid konsantrasyonuna bakın. Metabolik alkalozun Cl<sup>-</sup> duyarlı veya Cl<sup>-</sup> dirençli olduğunun ayrımı yapılmalıdır.

Yukarıda anlattığımız basamakları irdeleyeceğimiz birkaç kan gazları analizi örneği ile değerlendirelim:

**Örnek 1:** Sağlıklı genç bir hasta anestezi induksiyonu sırasında mide sıvısını aspire ediyor. Daha sonra alınan AKG sonucunda pH 7.1, PCO<sub>2</sub> 80 mmHg, HCO<sub>3</sub> 22 bulunmuş.

**Çözüm:** İlk bakışta respiratuar bir asidoz

**Tablo I.** Primer Respiratuar veya Metabolik Bozukluk Karşısında Gerçekleşmesi Beklenen Kompanzasyon Miktarları

Primer Bozukluk	Yanıt	Beklenen değişiklik miktarı
Akut respiratuar asidoz	HCO <sub>3</sub> ↑	1 mEq/L/10 mmHg PaCO <sub>2</sub> ↑
Kronik respiratuar asidoz	HCO <sub>3</sub> ↑	3 mEq/L/10 mmHg PaCO <sub>2</sub> ↑
Akut respiratuar alkaloz	HCO <sub>3</sub> ↓	2 mEq/L/10 mmHg PaCO <sub>2</sub> ↓
Kronik respiratuar alkaloz	HCO <sub>3</sub> ↓	2-5 mEq/L/10 mmHg PaCO <sub>2</sub> ↓
Metabolik asidoz	PaCO <sub>2</sub> ↓	1-1.5 x HCO <sub>3</sub> 'daki düşme miktarı
Metabolik alkaloz	PaCO <sub>2</sub> ↑	0.25-1 x HCO <sub>3</sub> 'daki yükselme miktarı

görülmektedir. İlave asit-baz denge bozukluğunu araştırmak için kompanzasyon incelenmeli. Olay akut olduğuna göre, her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> artışı için, HCO<sub>3</sub> değeri 1 mmol/l artmalı.  $(80-40)/10=4$  mmol/l artış olmalı; yani, HCO<sub>3</sub> 26 mmol/l olmalı. Bulunan HCO<sub>3</sub> değeri 22 mmol/l olduğuna göre kompanzasyon yeterince oluşmamıştır. Yani primer respiratuar asidoz, primer metabolik asidoz olarak yorumlanmıştır.

**Örnek 2:** Bir aylık bebekte anoplasti operasyonu sonrasında, mevcut aort koarktasyonu nedeniyle kalp yetmezliği gelişti. Hastada taşipne, periferik perfüzyon bozukluğu, idrar çıkışında azalma, hepatomegali ve kardiyomegali mevcuttu. Bebek entübe edilerek ventilatöre bağlandı. IMV modunda 20 frekans ve %100 O<sub>2</sub> ile solutulmaya başlandı. Alınan AKG, Hb ve elektrolit değerleri şöyle bulundu:

pH: 7.47, PaCO<sub>2</sub>: 10 mmHg,  
PaO<sub>2</sub>: 209 mmHg, HCO<sub>3</sub>: 7.7mmol/l,  
BE: -14.6 mmol/l, Hb: 5g/dl,  
Na: 135 mEq/l, K: 5.5 mEq/l, Cl: 95 mEq/l  
Total CO<sub>2</sub>: 8 mEq/l

**Çözüm:** İlk bakışta akut bir respiratuar alkaloz dikkati çekiyor. Beklenen HCO<sub>3</sub> değeri düşmesi:  $(40-10)/10 \times 2=6$  mmol/l, yani HCO<sub>3</sub>:  $24-6=18$  mmol/l. Oysa gerçek HCO<sub>3</sub> değeri olması gerekenden yaklaşık 10 mmol/l daha düşük, yani ek bir metabolik asidoz var.

Respiratuar alkalozun nedeni konjestif kalp yetmezliği, metabolik asidozun nedeni ise doku perfüzyon bozukluğuna bağlı laktik asidoz olarak düşünülmüştür. Hastanın anyon açığı:

$135 - (95+8) = 32$  mEq/l olarak yüksek bulunmuştur. Bu da laktik asidozu desteklemektedir.

**Örnek 3:** Operasyon sonrası karın ağrısı ve anksiyetesi olan sağlıklı bir hastanın AKG sonucu pH: 7.35, PaCO<sub>2</sub>: 25 mmHg HCO<sub>3</sub>: 21 mmol/l bulunmuş.

**Çözüm:** İlk bakışta respiratuar alkaloz göze çarpıyor. Beklenen HCO<sub>3</sub> düşmesi her 10 mmHg PaCO<sub>2</sub> düşmesi için 2 mmol/l olduğuna göre, bu saf bir respiratuar alkalozdur.

Sonuç olarak, kan gazları analizi, günümüzde birçok klinik branşın rutin pratiği içinde sıklıkla yararlanılan bir tetkik haline gelmiştir. Arter kan gazlarının hastanın kliniğiyle birlikte, yukarıda bahsedilen sıralamaya göre doğru değerlendirilmesi tedavilerin etkinliğinin artmasında faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Morgan GE, Mikail MS. Acid-base balance. In: Clinical Anesthesiology. Connecticut: Appleton & Lange, 1992; 492-509.
2. Hornbein TF. Acid-base balance. In: Miller RD, ed. Anesthesia. New York: Churchill Livingstone, 1990; 1243-63.
3. Allen JS, Tonnesen AS. Advanced respiratory life support. In: Hoyt JW, Tonnesen AS, Allen JS, eds. Critical Care practice. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991; 49-80.
4. Esener Z. Sıvı elektrolit ve asit baz dengesi. Klinik Anestezi. İstanbul: Logos Yayıncılık, 1991; 323-46.
5. Jefferson LS, Bricker JT. Acid-base balance and disorders. In: Fuhrman B, Zimmerman JJ, eds. Pediatric critical care. Missouri: Mosby Year Book, 1992; 689-96.
6. Shapiro MJ. Acid-base balance. In: Collins VJ, ed. Physiologic and pharmacologic basis of anesthesia. Philadelphia: Williams and Wilkins, 1996; 188-93.
7. Marino PL. Algorithms for acid-base interpretations. In: The ICU Book. Philadelphia: Lea and Febiger, 1991; 415-26.