

# Kan gazı analizörlerinde çalışılan metabolik parametreler ve özellikleri

Uzm. Dr. Uğurcan EKER  
Etlik Şehir Hastanesi  
Tıbbi Biyokimya

Kan gazı analizörleri kritik hastanın hızlı değerlendirilmesi ve sıkı takibinde acil servis, yoğun bakım, yenidoğan üniteleri ve ameliyathanelerde sıklıkla kullanılmaktadır.



# Kan gazı analizörlerinde çalışılan parametreler

## pH ve Kan Gazları

pH  
pO<sub>2</sub>  
pCO<sub>2</sub>

## Elektrolitler

Na  
K  
Ca  
Cl  
Mg

## Metabolitler

cLac  
cGlu  
cCre  
cUre

## Ko-Oksimetri

ctHb  
FCOHb  
FO<sub>2</sub>Hb  
FMetHb  
sO<sub>2</sub>  
cBil\*

+

Hesaplanan parametreler

**Table C1. Measurement Technologies Used in Instruments for Blood Gases, pH, and Related Analytes**

|   | Electrochemical   |                  |               | Optical                            |
|---|---|------------------|---------------|------------------------------------|
|   | Potentiometry   | Amperometry      | Conductometry | Absorption Spectrometry            |
| <b>pH and Gases</b>   | pH, $p\text{CO}_2$  | $p\text{O}_2$    |               |                                    |
| <b>Electrolytes</b>   | $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$ ,<br>$\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ | <b>Kreatinin</b> |               | <b>T.Bilirubin</b>                 |
| <b>Metabolites</b>  | <b>Üre</b>  | glucose, lactate |               |                                    |
| <b>Hematocrit,<br/>Hemoglobin,<br/>Hemoglobin<br/>Fractions</b> |   |                  | hematocrit    | hemoglobin<br>hemoglobin fractions |



Ölçüm  
elektrodu(ISE)+  
referans elektrot  
Potansiyel fark  
ölçümü  
 $p\text{CO}_2$ !!!



İki elektrot arasına sabit bir  
potansiyel uygulanarak  
kimyasal bir reaksiyon  
gerçekleştirilir ve bu işlem  
elektrotlar arasında bir  
akıma neden olur.

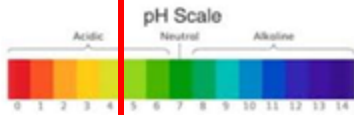


1619

Boyle, gazların basınç-hacim ilişkisini açıklamıştır.

Soren Sorensen pH kavramının tanımlamıştır.  
( $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ )

1900

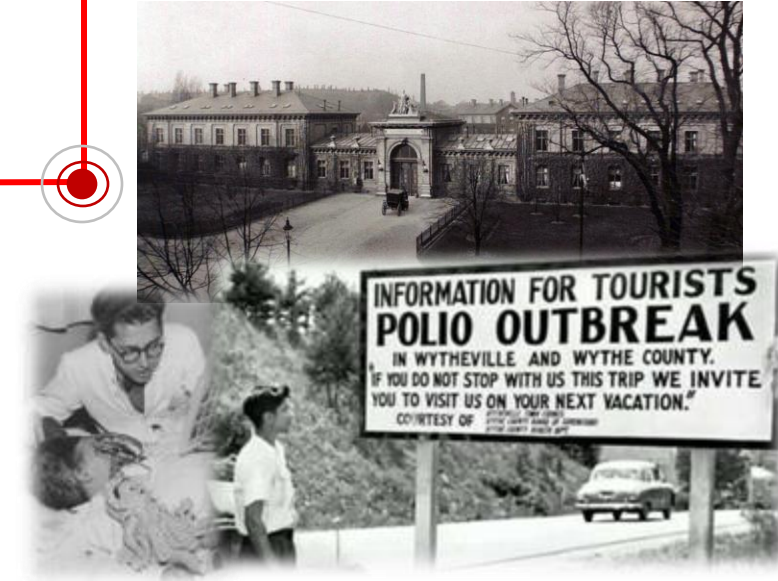


1916

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Henderson CO<sub>2</sub>'nin tamponlayıcı gücünü kütle hareketi kanunu ile açıklamış  
Henderson-Hasselbach denklemi

1952



- Kopenhag'da polio salgını başladı.
  - Sadece total CO<sub>2</sub> / HCO<sub>3</sub> ölçülebilirken PCO<sub>2</sub> ölçüleliyordu
  - Artmış HCO<sub>3</sub> → Nedeni bilinmeyen Metabolik alkalozu dayandırıldı.
    - 31 Bulbar polio hastasının 27'si ilk haftada kaybedildi.
- Hco<sub>3</sub> artışı → CO<sub>2</sub> retansiyonu → Kr. Solunumsal asidoz

# Ph

- Hidrojen iyonunun molar konsantrasyonunun ( $H^+$ ) negatif logaritmasıdır
- **Potansiyometrik** ölçüm
  - $H^+$  duyarlı cam membran
  - $H^+$  sabit tutan bir buffer solüsyon
  - Ag/AgCl teli
- Membranın iç yüzeyi sabit  $H^+$  konsantrasyonu—Membran dış yüzeyinde örneğe bağlı oluşan potansiyel
- Ag/AgCl iletkeni vasıtasıyla referans sensörün sabit potansiyeli ile karşılaştırılacak voltmetreye iletilir.

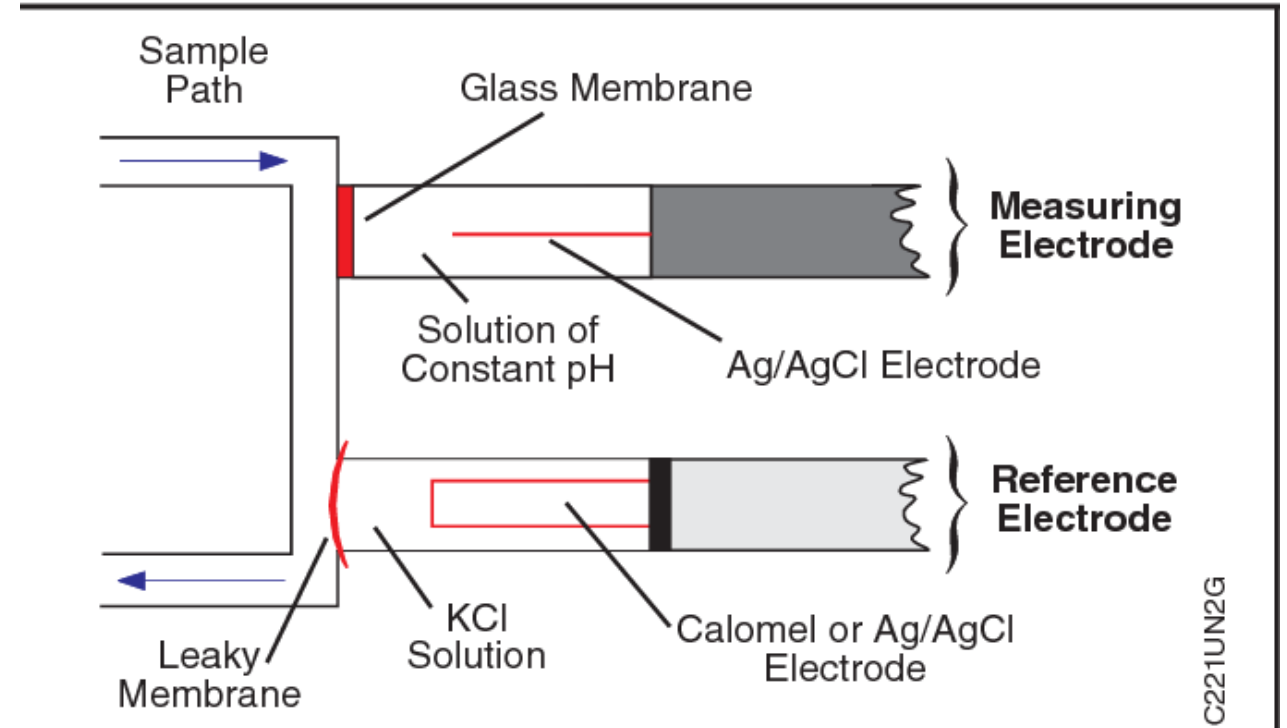


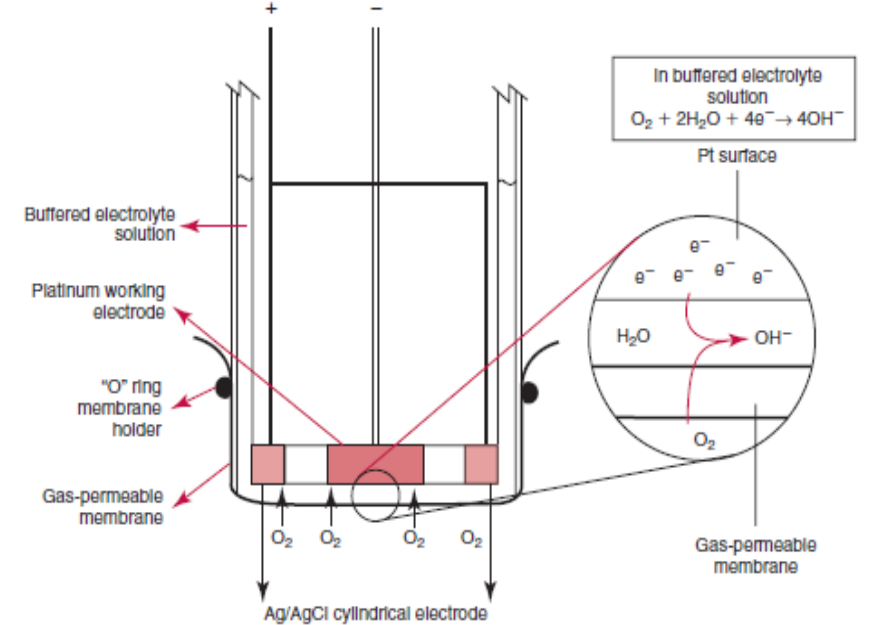
Figure 1. pH electrode system

# pO<sub>2</sub>

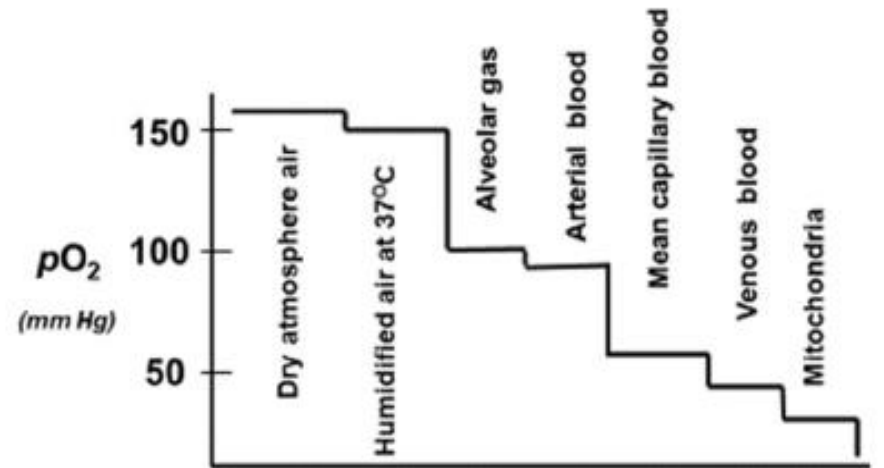
- O<sub>2</sub> elektrodu PO<sub>2</sub>'yi **amperometrik** olarak ölçer.
- PO<sub>2</sub> ise merkezinde platin katodu ve gümüş-gümüş klorür anodu olan bir elektrot yardımı ile ölçülür. Bu elektroda **Clark elektrotu** denmektedir.
- Oksijene geçirgen bir membranla kaplı elektrot oksijenin elektrolit sıvısına geçmesine ve platin katotta toplanmasına izin verir. Polarize edici voltajla elektronlar anot yüzeyden katoda doğru hareket ederken, O<sub>2</sub> elektron alarak indirgenir. Her bir mol oksijen için katoda 4 elektron akımı olur. Elektron akımıyla başlayan elektriksel akım anot-katot arasına yerleştirilen ampermetre ile ölçülür.

Ölçüm katottan anoda geçen akım ve katot yüzeyine erişen O<sub>2</sub> ile orantılıdır.

**PaO<sub>2</sub> → Oksijenizasyon göstergesi**

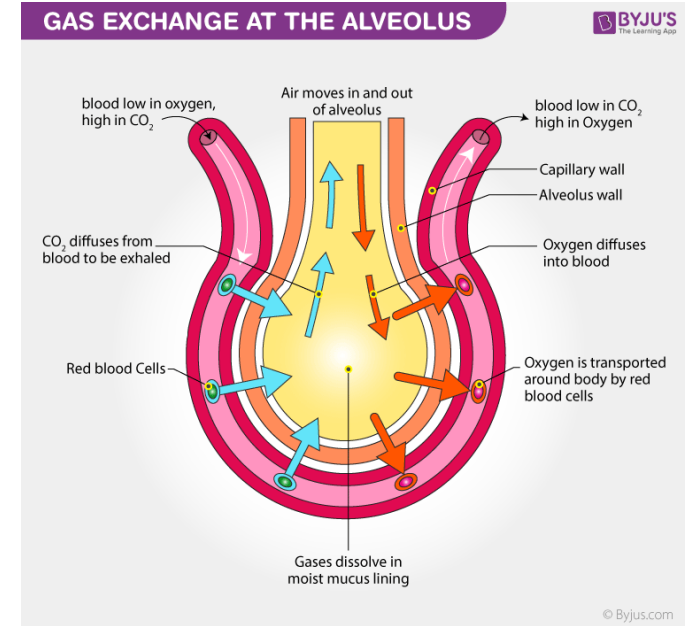


**FIGURE 17.8** Design of Clark-style amperometric oxygen sensor used to monitor partial pressure of oxygen ( $PO_2$ ) in blood.  $H_2O$ , Water; Pt, platinum.



# PaO<sub>2</sub> azalması = Hipoksemi → Tip 1 Solunum yetmezliği

| Hipoksemi Nedenleri                            |   |
|--|---|
| 1. Hipoventilasyon                             | Yetersiz solunum nedeniyle kandaki oksijenin düşmesi. |
| 2. Diffüzyon Bozukluğu                         | Akciğerlerde gaz değişiminin etkili olmaması.         |
| 3. Şant  | Oksijenlenmemiş kanın arteriyel sisteme geçmesi.      |
| 4. Ventilasyon-Perfüzyon Eşitsizliği           | Ventilasyon ve kan akımının dengesiz olması.          |
| 5. Özel Durumlar                               |   |
| - İnspire edilen PO <sub>2</sub> 'nin azalması | Solunan havadaki oksijen miktarının azalması.         |
| - Yüksek rakımda yaşama                        | Yüksek rakımda düşük oksijen basıncı.                 |
| - O <sub>2</sub> kullanımını azaltan sebepler  | Mitokondrial zehirlenme, CO zehirlenmesi.             |
| - Anemi  | Kanda oksijen taşıyan hemoglobin miktarının azalması. |





# P(A-a)O<sub>2</sub> (Alveolo-Arteriyel oksijen farkı)

- Alveol ve arteriyel kısmi O<sub>2</sub> basınçları arasındaki fark olup akciğerlerin difüzyon fonksiyonu hakkında bilgi verir.

- Hipokseminin etiyojisi ve ciddiyetini belirlemede yararlı

$$P(A-a)O_2 = (F_iO_2 * (P_{atm} - P_{su}) - (1,25 * P_{aCO_2})) - P_{aO_2}$$

$$P(A-a)O_2 = (150 - 1,25 * P_{aCO_2}) - P_{aO_2}$$

Trakeadaki PO<sub>2</sub>

Alveoldeki PCO<sub>2</sub>

- Normal P(A-a)O<sub>2</sub> : (3+0,21\*yaş)+5mmhg

# P(A-a)O<sub>2</sub>

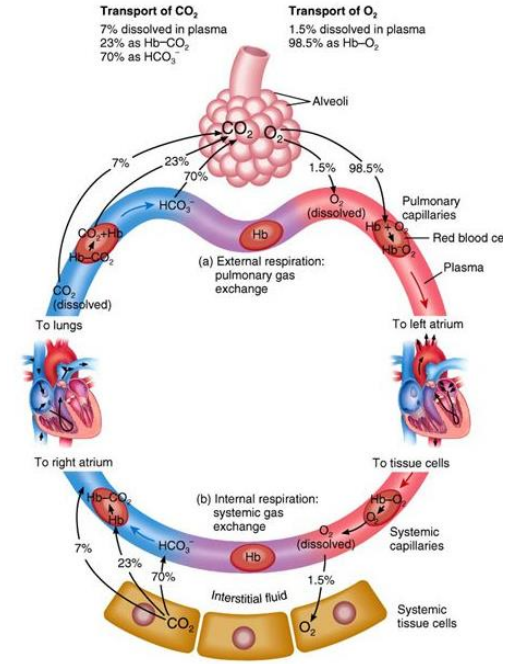
- PaO<sub>2</sub> ↓ P(A-a)O<sub>2</sub> N : AC difüzyon fonksiyonu iyi ,  
respiratuvar efor etkilenmiş
  - Havayollarında obstrüksiyon
  - Ac yapısal hastalıkları
- PaO<sub>2</sub> ↓ P(A-a)O<sub>2</sub> ↑ AC difüzyon yeteneğinde bozulma  
İnflamasyon, Ödem  
Fibrozis  
V/Q dengesizliği  
Sağ-sol şant

# PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b>TIMING</b>                            | Within 1 week of a known clinical insult or new / worsening respiratory symptoms   |   |   |
| <b>CHEST IMAGING (X-RAY OR CAT SCAN)</b> | Bilateral opacities-not fully explained by a fusions, lobar / lung collapse, or nodules  |   |   |
| <b>ORIGIN OF EDEMA</b>                   | Respiratory failure not fully explained by cardiac failure or fluid overload; need objective assessment (e.g., echocardiography) to exclude hydrostatic edema if no risk factors present |   |   |
|  | <b>MILD</b>  | <b>MODERATE</b>   | <b>SEVERE</b>   |
| <b>OXYGNEATION</b>                       | < 200 PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub><br>or<br>≤ 300 with PEEP/CPAP<br>≥ 5 cm H <sub>2</sub> O  | < 100 PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub><br>or<br>≤ 200 with PEEP/CPAP<br>≥ 5 cm H <sub>2</sub> O | < 100 PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> with<br>PEEP ≥ 5 cm H <sub>2</sub> O |

- ARDS varlığını ve ciddiyetini belirlemek için kullanılan kriterlerden biridir.
- Normal paO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranı 400-500 iken Daha düşük bir oran, akciğer fonksiyonunda bozulmayı, daha ciddi hastalığı ve ARDS'de artan ölüm riskini gösterir.

# ctO2 = Toplam O2 konsantrasyonu

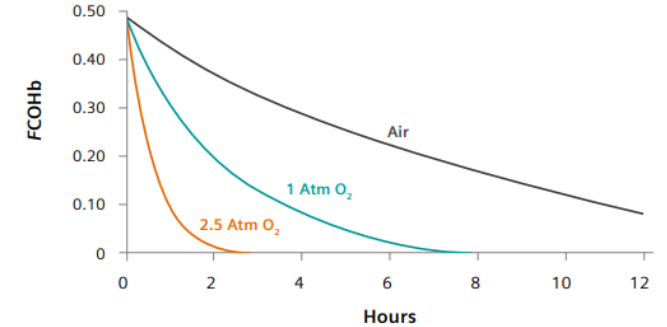


- **ctO2 = Hb bağlı O2 + Çözünmüş O2 (=  $\alpha_{O2} \cdot pO2$ ) (cdO2)**

$$ctO_2(P_{O_2}, S_{O_2}, tHb) = 1.39 \cdot \frac{X}{100} \cdot tHb + 0.00314 \cdot P_{O_2}$$

- Arteriel pO2 N (100mm/hg) → Arteriyele kanda çözülmüş O2 (cdO2) 0.140 mmol/L'dir. (ctO2:9 mmol/L)

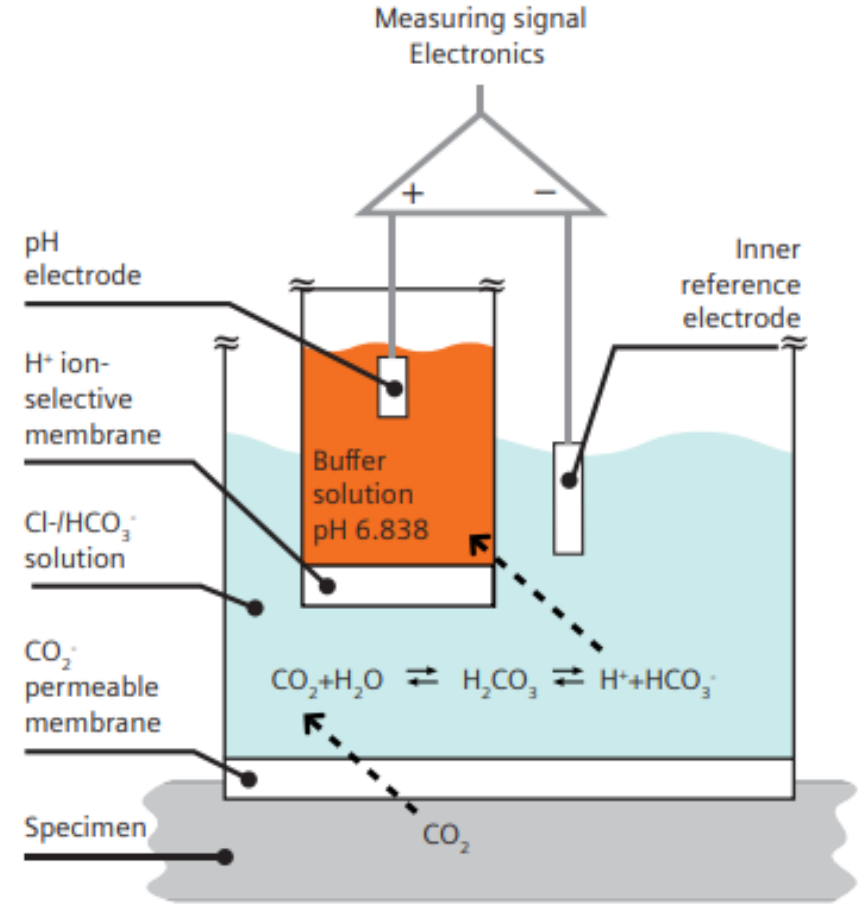
- **Saf O2 tedavisi ile** → pO2 640 mmhg 'e kadar → cdO2: 0.9 mmol/l
- **Hiperbarik O2 tedavisi ile** → pO2 2500mmhg → cdO2 : 3.5 mmol/L



- Bu tedavilerde cdO2 konsantrasyonlarının tahmin edilmesi yararlıdır, çünkü Hb aracılığıyla oksijen taşınımının bozulduğu durumlarda dokuların çözülmüş oksijen ile oksijenlenmesi önemli.

# pCO<sub>2</sub>

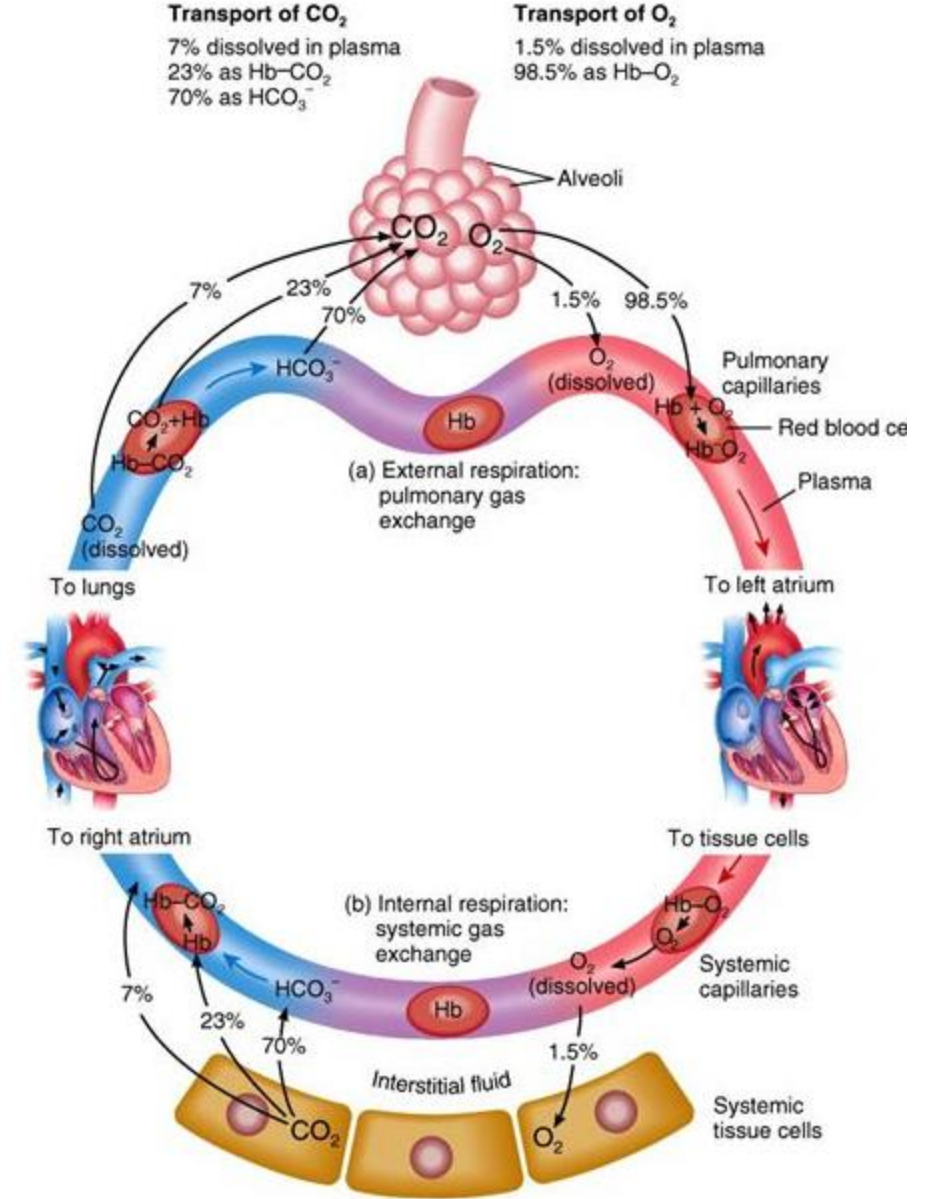
- CO<sub>2</sub> oluşturduğu parsiyel basınç
- Co<sub>2</sub> elektrodu(Severinghaus elektrodu)= Modifiye pH elektrodu
  - Gaz geçirgen membran, polimerik materyal yapıda
  - Tampon solüsyona geçen CO<sub>2</sub> önce H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sonra H<sup>+</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> oluşturuyor.
  - H<sup>+</sup> oluşuktan sonra gerisi pH elektrodu (cam membran, potansiyel oluşumu)



**PaCO<sub>2</sub> → Ventilasyon göstergesi**

# CO<sub>2</sub> kanda taşınımı

- CO<sub>2</sub> periferik dokulardan kan dolaşımında akciğerlere geri taşınmasının üç yolu vardır:
  - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> şeklinde %70
  - Hemoglobine bağlı %23
  - Çözünmüş şekilde %7



# PaCO<sub>2</sub> artışı

- Tip 2 SY PaCO<sub>2</sub> artışı = hiperkapni ile karakterize
  - Alveolar hipoventilasyon (En sık)
    - SSS depresyonu (travma, ilaç, inflamasyon...)
    - Havayolu hastalıkları (ÜST/ALT)
    - Göğüs duvarı, plevra patolojileri
    - Metabolik, elektrolit bozuklukları
    - Nöromuskuler hastalıklar
    - Morbid obezite
- CO<sub>2</sub> üretiminin artması : Ateş, Hiperkatabolik durumlar (sepsis, ARDS)
- Metabolik alkalozaya yanıt

# ctCO<sub>2</sub>(P)/ctCO<sub>2</sub>(B)

- Toplam CO<sub>2</sub>, plazmada bulunan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve çözünmüş CO<sub>2</sub> toplamını ifade eder. (Tam kan içinse Hb ile taşınana ait bileşen dahil olur)
- Kan gazı analizörlerinde hesaplama ile elde edilir.

$$ctCO_2(P) = cHCO_3^- + (0.0307 \cdot PCO_2)$$

$$ctCO_2(B) =$$

$$0.000768 \cdot PCO_2 \cdot tHb \cdot (1 + 10^{(pH_{ERY} - pK_{ERY})}) + ctCO_2(P) \cdot (1 - \frac{tHb}{33.8})$$

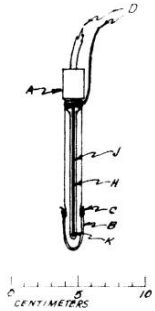
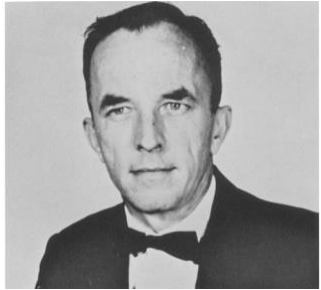
## ctCO<sub>2</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Otomatize biyokimya analizörlerinde sıklıkla **ENZİMATİK** yöntemle çalışılmakta iken nadir de olsa **ISE** yöntemiyle de çalışılabilmektedir.



Severinghaus ve Bradley PCO<sub>2</sub> PO<sub>2</sub> elektrotlarını içeren kan gazı cihazını geliştirmişlerdir  
pH ve PCO<sub>2</sub> elektrotlarının icadı ile log PCO<sub>2</sub> ile pH arasındaki ilişki basit klinik asit-baz problemlerinin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır.

Astrup ve Siggaard-Andersen metabolik bozuklukların düzeltilmesi için gerekli tedavi ölçütü olarak **Base Excess'i (BE)** tanımlamışlardır.



1954

Stow, (sonradan Severinghaus tarafından modifiye edilecek) geliştirilen PCO<sub>2</sub> elektrodunu yapmıştır.

1956

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[PCO_2 \times 0.03]}$$

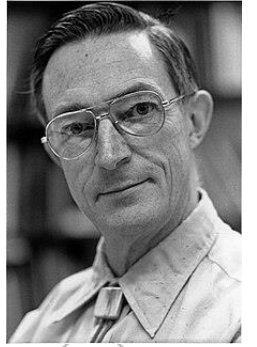
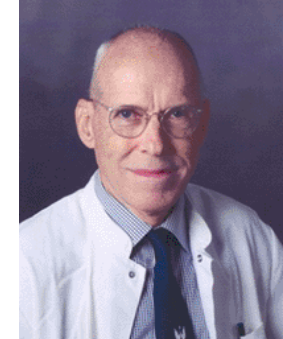


1957

Astrup sabit PCO<sub>2</sub> değerindeki(40 mmHg) bikarbonat seviyesini **standart bikarbonat** olarak tanımlamış ve solunumsal olmayan metabolik bozuklukların en iyi ölçümü olarak göstermişlerdir



1958



1983

Stewart asit-baz dengesi değerlendirmesi için Singer ve Hastings'in(1948) **Buffer Base** modeline benzer bir kantitatif fizikokimyasal model önermiştir.(SID)

# HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

- Ekstraselüler sıvıda en çok bulunan ikinci anyondur.
- CO<sub>2</sub>'in yaklaşık %80'i HCO<sub>3</sub> olarak kanda taşınır.
- H&H denklemi ile konsantrasyonu hesaplanır.
  - $\text{pH} = 6.1 + \log \left( \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[0.03 \times \text{PCO}_2]} \right)$
  - $c\text{HCO}_3^- = 0.0307 * \text{PCO}_2 * 10^{(\text{pH}-6.105)}$
- Kanın başlıca kimyasal tampon sistemidir.
- Renal düzenlemede yer alır
  - Glomerüler filtrata geçen bikarbonatın geri emilimi
  - Asit yükü nötralize etmek için yeni bikarbonat sentezi

# HCO<sub>3</sub>act / HCO<sub>3</sub>st

- **HCO<sub>3</sub>act** : Kandaki veya plazmadaki bikarbonatın doğrudan ölçümü genellikle yapılmaz. pCO<sub>2</sub> veya pH ya da toplam CO<sub>2</sub>'den hesaplanır.
  - $\log c\text{HCO}_3^- = \text{pH} + \log p\text{CO}_2 - 7.608$
  - $\log c\text{HCO}_3^- = \text{pH} + \log (p\text{CO}_2 \times 0.0307) - 6.095$
- **HCO<sub>3</sub>st** : Solunumsal nedenli HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> değişikliklerini elimine etmek için standart 40 mmHg PCO<sub>2</sub> ile dengelenmiş kanda bulunacak plazma bikarbonat içeriğini ifade eder.
- Standart HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> yalnızca metabolik değişikliklere bağlıdır.
  - Non-Karbonik asitlerin tamponlama etkisi atlanıyor
  - pH bozukluğunda durumun ciddiyetini daha hafif gösterir.

$$[\text{HCO}_3^-] = 24.5 + 0.9A + (A - 2.9)^2 \times (2.65 + 0.31 \text{ cHb}) / 1.000$$

$$\text{Where } A = \text{BE(B)} + 0.2 \text{ Chb } (100 - \text{O}_2\text{sat}) / 100$$

# BB (Tampon bazı)

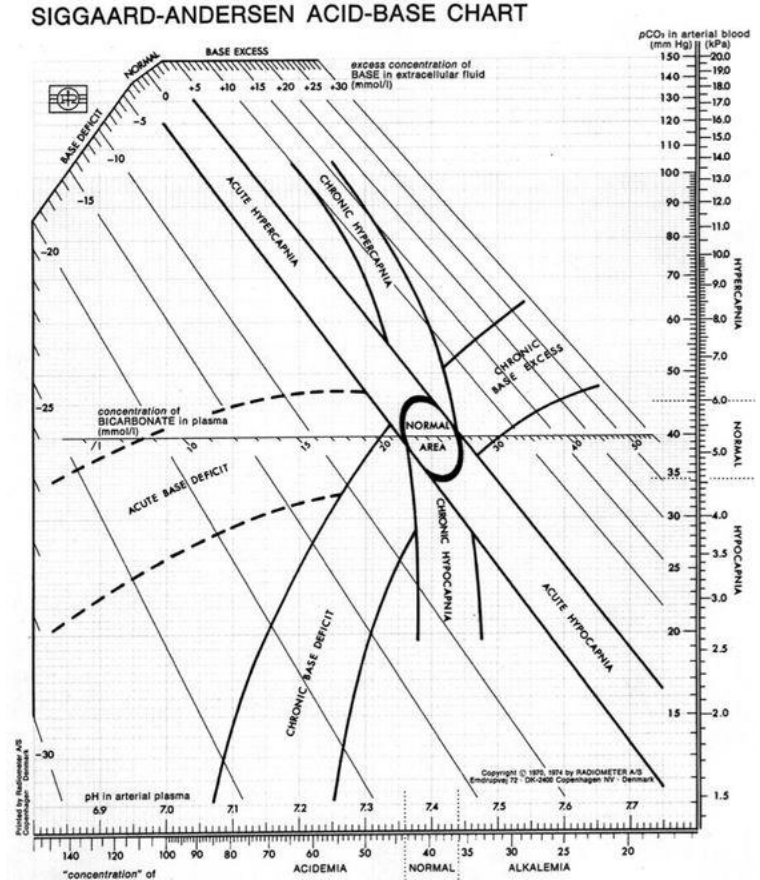
- **Tampon bazı** plazmadaki zayıf asit (tampon) anyonlarının toplamıdır. Bu anyonlar arasında **hemoglobin (Hb), plazma proteinleri, fosfat ve  $\text{HCO}_3^-$**  bulunur.
  - Tampon baz, kanda  $\text{H}^+$  iyonlarını alabilen tüm anyonik tampon faktörlerin ( $\text{HCO}_3^-$ , Hb, protein, fosfat) toplamı olarak tanımlanır.
- BB, karbonik olmayan tamponları dikkate alır ve teorik olarak  $\text{CO}_2$ 'den bağımsızdır
- Karbonik olmayan tampon konsantrasyonlarından **fizyolojik bireyler arası değişkenlik** gözlemlenmiştir.

# Base excess (BE) (Baz aşımı)

- Amaç asit-baz bozukluklarının metabolik komponentini ve şiddetini PCO<sub>2</sub>'den bağımsız kantitatif olarak tanımlamak

$$BE = \Delta BB = BB - NBB$$

- Baz Fazlası (BE), kan örneğinin standart koşullarda (PCO<sub>2</sub> 40 mmHg, 37°C) **pH 7.40'a ulaşması için eklenmesi gereken asit/baz miktarını** (mmol/L) ifade eder.
- Doğrudan titrasyon klinik açıdan mümkün olmadığından, BE'yi tahmin etmek için nomogramlar ve formüller geliştirilmiştir.



**Table 2. Nomenclature and Equations for Base Excess (BE).\***

| Term   | Equation  | Comments  |
|--|---|---|
| Buffer base  | Normal buffer base in mmol/liter = $41.7 + 0.42 \times \text{Hb in g/100 ml}$   | The buffer base (reintroduced in 1983 by Stewart as strong ion difference <sup>4</sup> ) is the sum of weak acid (buffer) anions in plasma, including Hb, plasma proteins, phosphate, and $\text{HCO}_3^-$ . <sup>25-30</sup> |
| Van Slyke equation   | $\text{BE} = (\text{HCO}_3^- - 24.4) + (2.3 \times \text{Hb} + 7.7) \times (\text{pH} - 7.4) \times (1 - 0.023 \times \text{Hb})$                       | Arterial blood gas analyzers use algorithms mostly based on the Van Slyke equation. <sup>1,34</sup>   |
| $\text{BE}_B$ , actual BE, or in vitro measure                                 | $\text{BE}_B = (1 - 0.014 \times \text{ctHb}) \times [(\text{HCO}_3^- \text{ act} - 24.8) + (7.7 + 1.43 \times \text{ctHb}) \times (\text{pH} - 7.40)]$ | In this equation, ctHb is the total concentration of Hb (deoxyhemoglobin, oxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and methemoglobin) in the blood. <sup>36</sup>  |
| Actual $\text{HCO}_3^-$  | $\text{HCO}_3^- \text{ act} = 0.0307 \times \text{PCO}_2 \times 10^{(\text{pH} - 6.105)}$   | Arterial $\text{HCO}_3^-$ obtained from blood gas analyzers is calculated according to complex formulas, including correction factors for Hb and oxygen saturation. <sup>33</sup>   |
| SBE, BE of the extracellular fluid ( $\text{BE}_{\text{ECF}}$ ), or in vivo BE | $\text{SBE} = \text{HCO}_3^- \text{ act} - 24.8 + [16.2 \times (\text{pH} - 7.40)]$   | SBE is more representative in vivo than $\text{BE}_B$ ; the value of 16.2 is an approximation of the nonbicarbonate buffers in extracellular fluid. <sup>30,32-34</sup>   |
| Base deficit   | $\text{BD} = -1 \times \text{SBE}$  | Base deficit (the negative version of SBE) is not provided by blood gas machines but is often used in the literature instead of SBE. <sup>6,27,32</sup>   |

# BE hesabında 2 önemli nokta

- O2 saturasyonunun BE'ye etkisi
  - Pulm. Art./ Pulm. Ven BE farkı ???
  - Hesaplama hatası??
  - O2 Sat denkleme dahil edilmeli ?

$$SBE = HCO_3^- \text{ act} - 24.8 + [16.2 \times (pH - 7.40)]$$

Zander European Journal of Medical Research (2024) 29:281  
<https://doi.org/10.1186/s40001-024-01796-6>

European Journal  
of Medical Research

REVIEW

Open Access

## Base excess (BE): reloaded

Rolf Zander<sup>1\*</sup>



Rather, the reported difference in BE between venous and arterial blood is a method-related error resulting from use of non-optimal equations to calculate the BE. In fact, when using the modified Van Slyke equation as per Zander (13—Physioklin 1/31/2012):

$$BE = (1 - 0.0143 \cdot cHb) \cdot \left[ \left\{ 0.0304 \cdot pCO_2 \cdot 10^{pH - 7.41} - 24.26 \right\} + (9.5 + 1.63 \cdot cHb) \cdot (pH - 7.4) \right] - 0.2 \cdot cHb \cdot (1 - sO_2)$$



# QualiTest

Heft 8, April 2005

— Consensus  
Vereinheitlichung von Nomenklatur und Symbolen, erstellt von Firmen im Bereich POC und Test-Labor für Hämodiagnostik

ISSN 1434-0143  
[www.Physioklin.de](http://www.Physioklin.de)

### Editorial

Schon vor Jahren wurde hier (QualiTest 1999; 5: 1) die Sorge vorgetragen, dass es einem klinisch tätigen Arzt zunehmend schwerer fällt, die für Diagnostik, Dokumentation und Therapie so wichtigen Anzeigen oder Ausdrücke von Messergebnissen von Medizingeräten zu verstehen, weil Nomenklatur und Symbole bisweilen sehr verwirrend sind. An die Hersteller von Geräten wurde damals appelliert: „Gestalten Sie die Anzeigen und Ausdrücke Ihrer Geräte so eindeutig und einfach wie möglich, werfen Sie den Ballast überflüssiger Parameter ab, wechseln Sie nicht von Gerät zu Gerät die Bezeichnung für gleiche Messwerte.“

In der Zwischenzeit ist der Druck der Anwender, also Ärzte und Pflegepersonal, so groß geworden, dass alle Beteiligten eine derartige Vereinheitlichung mehr denn je für erforderlich halten, zumal die Außendienst-Mitarbeiter der Firmen

bei der Interpretation der eigenen Mess- und Rechenwerte sehr gefördert sind. Dazu kommt die Notwendigkeit, eine Vernetzung von Patientennaher Sofortdiagnostik innerhalb einer Klinik mit dem Zentrallabor und anderen Stellen zu gewährleisten, insbesondere auch für Geräte verschiedener Hersteller (vgl. dazu Luppä und Blobner 2004).

Vor diesem Hintergrund wurden in Deutschland vertretene Firmen im Bereich Patientennaher Sofortdiagnostik (Point of Care) vom Test-Labor für Hämodiagnostik am Institut für Physiologie und Pathophysiologie der Universität Mainz im Oktober 2004 nach Mainz eingeladen, um einen möglichst breiten Konsens zur Vereinheitlichung der verwendeten Symbole herzustellen. Das Ergebnis wird in diesem Heft vorgestellt.



Radiometer recognizes that clinicians may have different preferences when it comes to calculation of base excess and is now providing a number of different options in the Instruction for Use. The algorithms are:



|                      |  |    |
|----------------------|--|----|
| cBase(B)<br>or ABE   | Actual Base Excess, the concentration of titrable base when the blood is titrated with a strong base or acid to a plasma pH of 7.40, at $p\text{CO}_2$ of 5.33 kPa (40 mmHg) and 37 °C, at the actual oxygen saturation [4,5].<br><br>Positive values (base excess) indicate a relative deficit of noncarbonic acids; negative values (base deficit) indicate a relative excess of non-carbonic acids. | dv |
| cBase(B,ox)          | cBase(B) of fully oxygenated blood.  | dv |
| cBase(Ecf)<br>or SBE | Standard Base Excess, an <i>in vivo</i> expression of base excess [5, 6]. It refers to a model of the extracellular fluid (one part of blood is diluted by two parts of its own plasma) and is calculated using a standard value for the hemoglobin concentration of the total extracellular fluid.  | dv |
| cBase(Ecf,ox)        | cBase(Ecf) of fully oxygenated blood.  | dv |



|                   |  |
|-------------------|--|
| BE                | Base excess of blood                                     |
| BE <sub>act</sub> | Base excess of blood at <u>current oxygen saturation</u> |
| BE <sub>ecf</sub> | Base excess of the extracellular fluid                   |

Also in 2019, Roche Diagnostics International Ltd issued an official statement—in response to a request by Zander—clarifying their position:

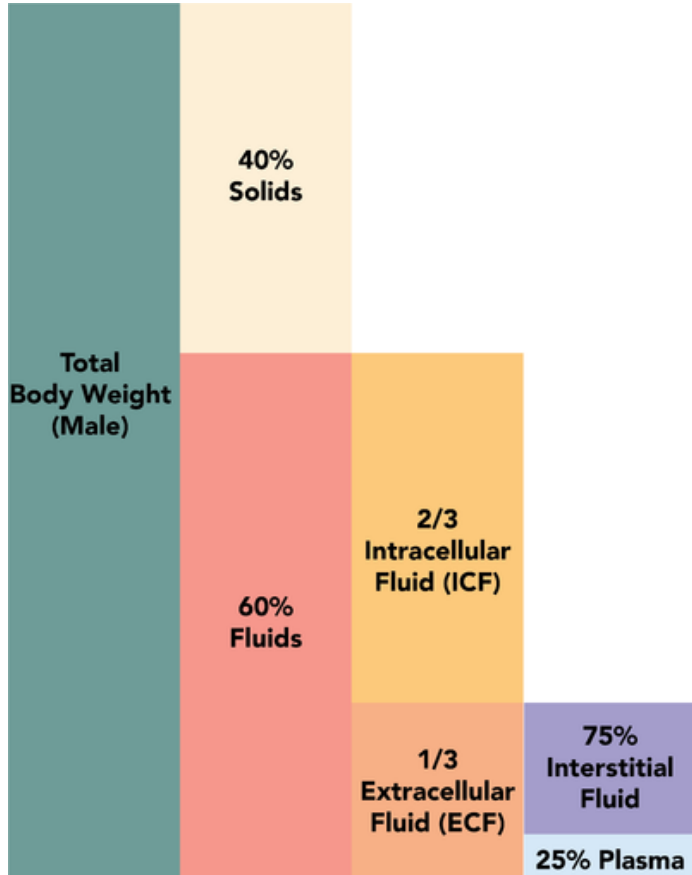
“In our current blood gas analysis systems [6], the Zander formula for Base Excess ( $\text{BE}_{\text{act}}$ ) is easily configured.  $\text{BE}_{\text{act}}$  defines base excess in blood at current oxygen saturation. In parallel to  $\text{BE}_{\text{act}}$ , our systems also provide guideline-recommended calculations [1] for base excess in blood (BE) and for base excess in extracellular fluids ( $\text{BE}_{\text{ecf}}$ ). We recommend that the system software be configured according to the hospital’s needs.

We are fully committed to consider new clinical guidelines and updated clinical practices in the development of new products. Due to regulatory constraints, we cannot currently prioritize  $\text{BE}_{\text{act}}$  over BE and  $\text{BE}_{\text{ecf}}$  in our current systems. We will consider  $\text{BE}_{\text{act}}$  as the prioritized formula for base excess determination in future developments, given that a careful evaluation shows the superiority of  $\text{BE}_{\text{act}}$  in clinical practice.



# Bir diğer konu → Yenidođanlarda BE hesabı

- Yetiřkinlerde vücut ağırlığının %20'sine denk gelen extrasellüler alan yenidoğanlarda %40 !!
  - SBE hesabı cTHb 1/3 oranı varsayılarak hesaplanıyor.



O halde **SBE**

**Normal Hb** deđerine sahip

**Normal O2 Sat** olan

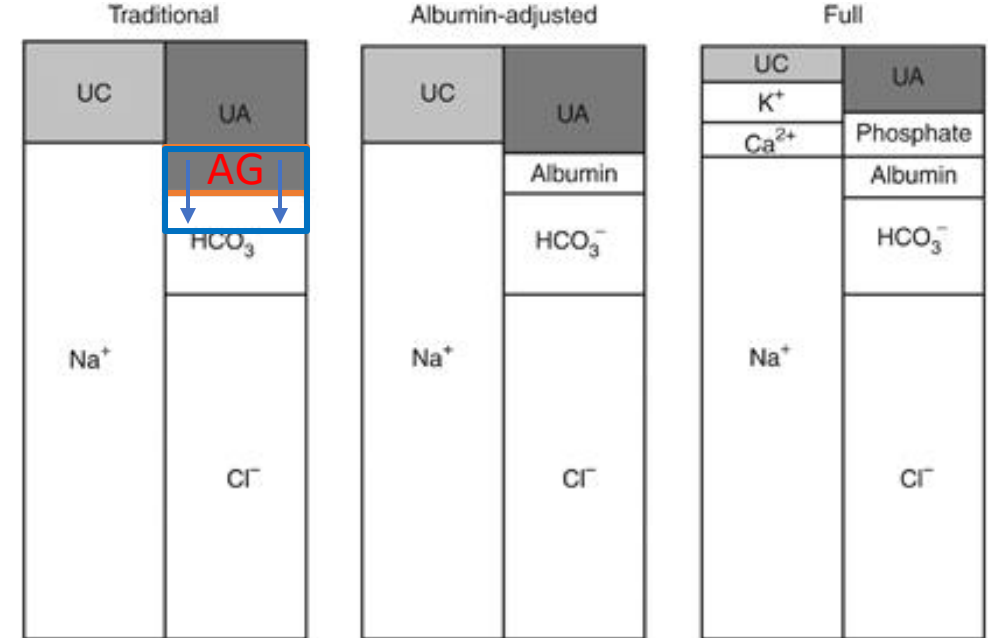
**Yetiřkin bireylerde** kullanılabilir

# Anyon Gap (AG)

Ölçülememiş  
kasyonlar  
K,Ca,Mg

Ölçülememiş  
anyonlar  
Protein (albümin),  
**Organik asitler**  
sülfat, fosfatlar

- AG metabolik asit-baz bozukluğunun nedenini tespit etmek amacıyla tanımlanmıştır
- Plazmadaki major kasyon ve anyonları toplamalarının farkıdır
- Artmış AG = Ölçülemeyen(!!) artmış anyon varlığını gösterir (Daha az da olsa ölçülmeyen kasyonlarda azalma)
  - Albumin, laktat, keton, organik asit, salisilat
- $AG_{düzeltmiş} = AG + (0,25(40 - \text{ölçülen albümin gr/dl}))$

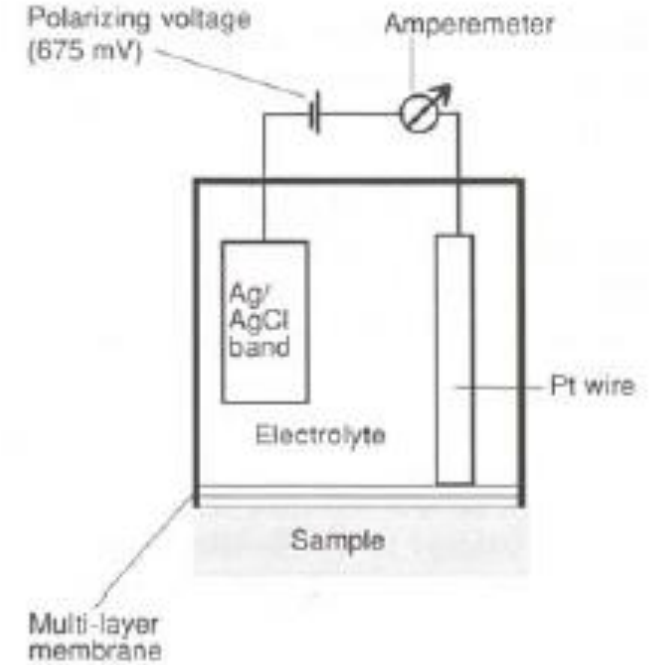


**TABLE 50.4 Conditions of Metabolic Acidoses With High and Normal Anion Gaps**

| Cause  | Retained Acid(s)                                   | Other Laboratory Findings                             |
|--|--|---|
| <b>High Anion Gap (MUD PILES)</b>                |  |   |
| Methanol   | Formate  | ↑ Osmolal gap (>15 mOsmol/kg)                         |
| Uremia   | Sulfuric, phosphoric, organic                      | ↑ Urea and serum creatinine                           |
| Diabetes mellitus                                | Acetoacetate and β-hydroxybutyrate                 | ↑ Plasma and urine glucose, hydroxybutyrate           |
| Paraldehyde toxicity/Paracetamol (acetaminophen) | Acetate, chloracetate/pyroglutamate (5-oxoproline) |   |
| Isoniazid, Iron, or Ischemia                     | Organic, mainly lactate                            |   |
| Lactic acidosis                                  | Lactate  |   |
| Ethylene glycol                                  | Hippurate, glycolate, oxalate                      | ↑ Osmolal gap (>15 mOsmol/kg), urine oxalate crystals |
| Salicylate                                       | Salicylate   | Respiratory alkalosis                                 |
| <b>Normal Anion Gap</b>                          |  |   |
| Gastrointestinal fluid loss/diarrhea             | Primary loss of bicarbonate                        | Hypokalemia   |
| Acetazolamide                                    | Bicarbonate wasting                                |   |
| Renal tubular acidosis                           |  |   |
| Type 1   | Decreased H <sup>+</sup> secretion                 | Hypokalemia   |
| Type 2   | Bicarbonate wasting                                | Hypokalemia   |
| Type 4   | Aldosterone deficiency or resistance               | Hyperkalemia  |
| Pancreatitis                                     |  |   |
| Pancreatic fistula                               | Bicarbonate wasting                                |   |

# Glukoz/Laktat

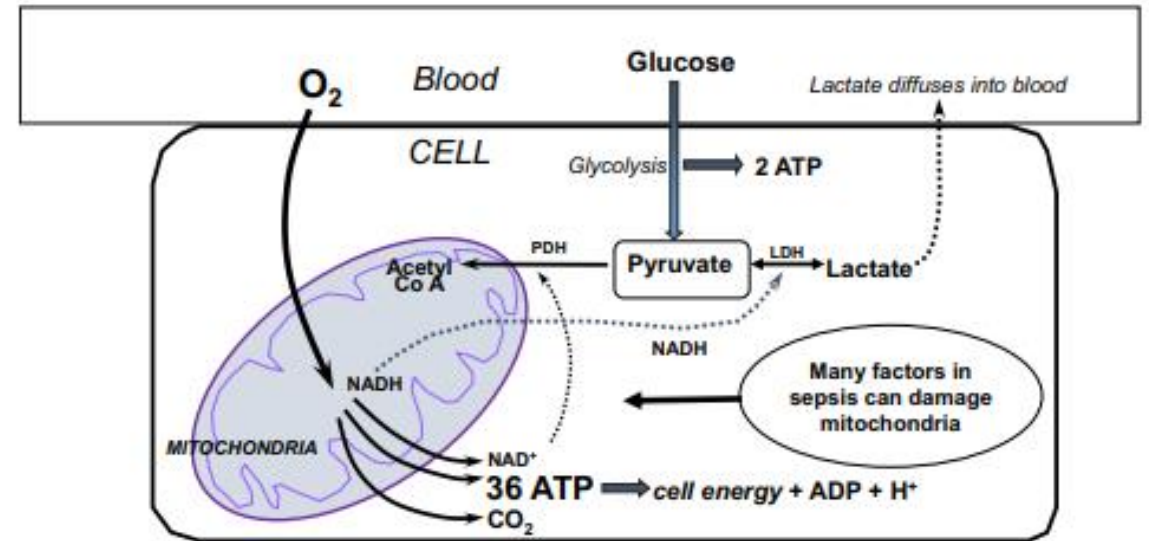
- Glukoz elektrodu, gümüş katot ve bir platin anot ve çok katmanlı bir membranla kaplanmıştır.
  - Membran üç katmandan oluşur:
    - Glukoz/laktat geçişine izin veren dış membran katmanı,
    - Enzim katmanı(**glukoz oksidaz/ laktat oksidaz** )
    - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hidrojen peroksit) geçişine izin veren iç membran katmanı.
- Glukoz molekülleri, çok katmanlı membranın dış membranından geçer. İç ve dış membran katmanları arasında sabitlenmiş olan enzimi,
  - Glukoz + O<sub>2</sub> → Glukonik asit + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
  - Laktat + O<sub>2</sub> → Piruvat + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Elektrot zincirine bir potansiyel uygulandığında, **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin oksidasyonu sonucunda** oluşan elektrik akımı **amperometrik olarak ölçülür.**



# Laktat

**TABLE 9.1** Some clinical causes and examples of elevated blood lactate concentrations.

| Cause                    | Examples  |
|--------------------------|---|
| Shock                    | Hypovolemic, sepsis-related   |
| Cardiac insufficiency    | Myocardial infarction, congestive heart failure, cardiac arrest   |
| Respiratory failure      | Pulmonary edema, obstructive lung disease, severe hypoxemia   |
| Tissue ischemia          | Trauma, burns, gut, other organs  |
| Drugs or toxins          | Alcohol, cocaine, carbon monoxide, cyanide.   |
| Pharmacologic drugs      | Metformin, propofol, acetaminophen, linezolid, theophylline.  |
| Hyperactivity of muscles | Seizures, excessive work of breathing, intense exercise.  |
| Mitochondrial diseases   | Diseases that uncouple oxidative phosphorylation and cause destruction and leakage of mitochondrial DNA and peptides. May be related to sepsis, myopathies, toxins, and other causes. |
| Liver failure            | Cirrhosis, acute liver diseases that cause delayed clearance of lactate.  |
| Thiamine deficiency      | Thiamine is a cofactor for PDH, the enzyme that converts pyruvate to acetyl-CoA.  |



- Anerobik glukoz metabolizmasının son ürünü
- Dinlenme halinde metabolizma, beyin, deri, gastrointestinal sistem, eritrositler ve kas dokusunda günde yaklaşık 1.400 mmol laktat üretir.
- Karaciğerde, az miktarda da böbreklerde glikoza (glukoneogenez) geri dönüştürülür(Cori döngüsü)

# Kreatinin

Kreatinaz  
Sarkozin oksidaz

$\text{Kreatin} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sarkozin} + \text{Üre/BUN}$   
 $\text{Sarkozin} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Glisin} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Formaldehit}$

Kreatininaz  
Kreatinaz  
Sarkozin oksidaz

$\text{Kreatinin} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Kreatin}$   
 $\text{Kreatin} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sarkozin} + \text{Üre/BUN}$   
 $\text{Sarkozin} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Glisin} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Formaldehit}$

Platin anoda geçen  $\text{H}_2\text{O}_2$  oksidasyonu ile oluşan akım **amperometrik** olarak ölçülür

# Üre

- **Üre/BUN sensörü**, **potansiyometrik** ölçüm prensibine göre çalışır.
- Üre doğrudan algılanamaz, bu nedenle bir enzim katmanı(üreaz) kullanılır.
  - $\text{Üre} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$
- Membran, iyon değişim yeteneği sayesinde **amonyum iyonlarına** duyarlıdır. İçteki katı hal referans elektrot, iç potansiyeli sabit bir seviyede tutar. Örnekteki amonyum iyonlarında meydana gelen değişiklikler, toplam potansiyelde ölçülebilir değişimlere yol açar.

# Elektrolit ölçümü

- **Na,K,Cl,iCa,iMg**

- İyon seçtif elektrotlar(ISE) ile potansiyometrik ölçülür.

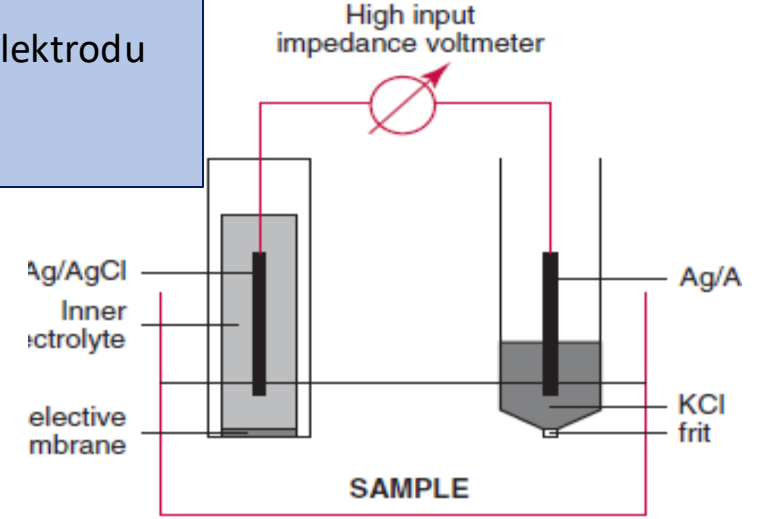
- Cihazlarda İSE yöntemiyle sodyum için genelde cam membran, potasyum için valinomisin içeren sıvı iyon değiştirici membran kullanılır.

- Potansiyometri, elektrokimyasal bir hücrede iki elektrot arasındaki elektriksel potansiyel farkının, hücre akımı sıfır olduğunda ölçülmesidir.

- POCT için *polimer yapılı* sensörler kullanılmaktadır

## İYON SELEKTİF ELEKTROT

- \*internal referans element-Ag/AgCl elektrodu
- \*Elektolit solüsyonu
- \*İyon seçtif membran



**RE 17.1** Schematic of ion-selective membrane electrode potentiometric cell. Ag/AgCl, Silver-silver chloride; KCl, potassium chloride.

## EKSTERNAL REFERANS ELEKTROT

- \*Ag/AgCl elementi
- \*Yoğun çözünebilir klor tuzu saęlayan solüsyon (KCl içerir)
- \*Frit → Cam hamuru, konsantre elektrolit solüsyonunu elektrod içinde tutan mekanik bariyer



- Membranın kimyasal bileşimi, ilgilenilen iyonda optimum seçicilik elde etmek için tasarlanmıştır.
- Teoride, diğer iyonlar membran bölgeleriyle sınırlı etkileşim içerisindedir ve iyonunun ölçülmesinde bir dereceye kadar interferansa neden olabilir.
- Klinik uygulamada, bu interferans kabul edilebilir bir miktarı aştığında bir düzeltme yapılması gerekir.
  - Nikolsky-Eisenman denklemi

- ISE'nin spesifikliği kullanılan membrana bağlıdır.
  - Na<sup>+</sup> → Na sensitif cam membran
  - K<sup>+</sup> → iyonoforik **Valinomisin** içeren PVC membran
    - Valinomisin, nötr bir iyon taşıyıcıdır ve potasyum iyonlarına karşı yüksek seçiciliğe sahiptir.
  - Ca → Seçiciliđi sađlayan iyonofor içeren PVC membran
  - Cl<sup>-</sup> → Lipofilik quarterner amonyum tuzu içeren PVC membran
    - Membrana direk bađlanmaz, lipofilik karakterinden yararlanır.
    - İyodür, Bromür gibi lipofilik anyonlar, tiyosiyanat , nitroprusid tedavisi interfere eder

# Direkt/İndirek İSE

- **Direkt İSE** yöntemlerinde numune seyreltilmeden elektrot yüzeyine uygulanır ve ilgili iyonun aktivitesi doğrudan tam kandan ölçülür.
- **İndirekt İSE** yöntemlerinde ise numuneler belirli bir oranda seyreltilerek düşük numune hacimleriyle ölçüm yapılması ve ölçülebilir konsantrasyon aralığının genişletilmesi sağlanır.
  - İlgili **analitin konsantrasyonu ölçülerek iyon aktivitesi tahmini** yapılır.
  - Hiperlipidemi, hiperproteinemi → Pipetlenen miktar sabit kalırken elektrolit içeren volüm azalır, dilüent de sabit miktar olduğu için elektrolit fazla dilüe olur. → Yanlış düşük sonuç
  - Numunenin seyreltilmesi, plazmanın katı bileşeninin (protein, lipid) arttığı durumlarda **elektrolit dışlama etkisine** neden olur.
  - Sodyum seviyelerinin yanlışlıkla düşük ölçülmesine yol açar.
- Tam tersi hipoalbuminemi veya hipoproteinemi durumlarında sodyum seviyeleri yanlışlıkla yüksek ölçülmektedir.

# Hct

- Araştırdığımız analitin çözeltinin elektriksel iletkenliğine etkisini değerlendirme prensibine dayalı **konduktometrik** ölçülür.
  - Eritrositlerin yalıtkan özelliğinden yararlanılarak çözeltinin direnciyle değişen akım sayesinde **Hct** ölçülür
- Fotometrik olarak ölçülen ctHb üzerinden hesaplanabilir.

$$\text{Hct(c)} = \text{tHb} \cdot \frac{F}{100}$$

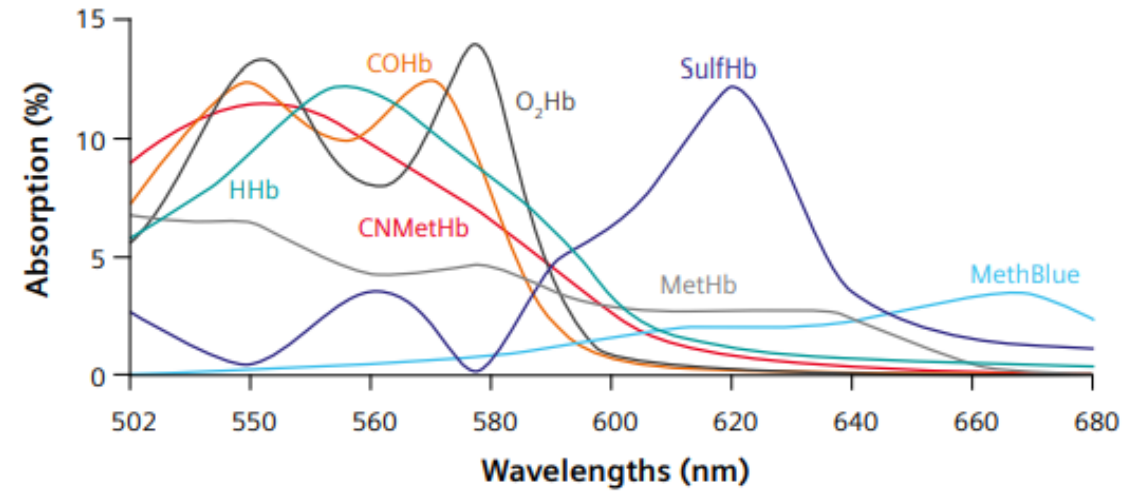
Default value of F = 3.00 (F = 100/MCHC [g/dL])

# Ko-oximetre modülü

- Oksijen saturasyonu ve fraksiyone Hb türevleri ölçümü için, özel olarak tasarlanmış **çoklu dalga boylu bir fotometre**=Ko-oksometri kullanılır.
- Spektrofotometrik absorbans yöntemi ile farklı Hb türevlerini doğrudan ölçer
- Hemolize kan/ Tam kan
  - Ultrasonik hemolizasyon
- Farklı Hb türevlerini tanıması için en az 4 dalga boyuna ihtiyacı varken yüzlerce dalga boyu üzerinden ölçülür. (478-672nm)
- Işık kaynağından(LED/Halojen lamba) yarıktan geçerek her biri bir fotodiyot dizisi tarafından izlenen birçok tek dalga boyuna ayrılır. Oluşan ışık sinyallerinin yoğunluklarından absorpsiyon spektrumu oluşturulur.

# FHb hemoglobin fraksiyonları

- Hb alt tiplerinin total Hb konsantrasyonuna oranı
  - FO<sub>2</sub>Hb, FHb, FCOHb, FMetHb
- **Her Hb türevinin karakteristik bir absorbanans grafiđi bulunur.**



# Toplam Hemoglobin konsantrasyonu ctHb, cHb

- $ctHb = cO_2Hb + cHHb + cCOHb + cMetHb + cSulfHb$



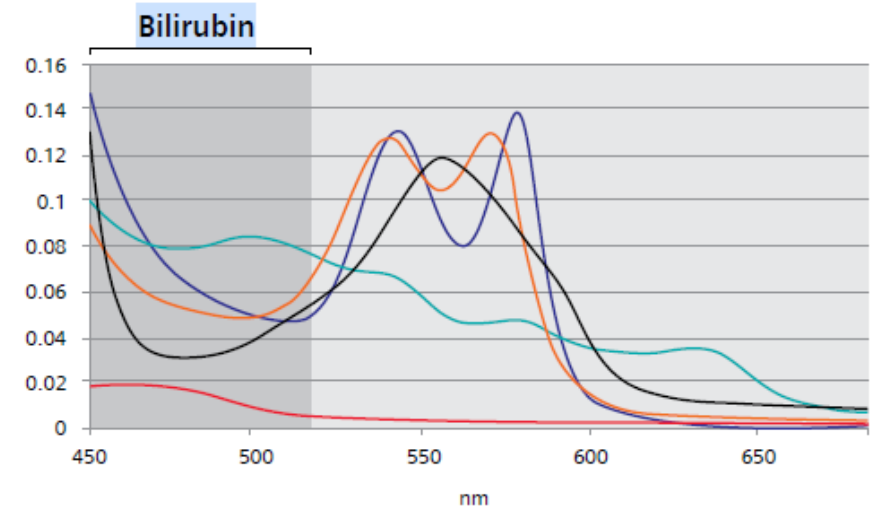
- Toplam hemoglobin için referans yöntem, siyanmethemoglobin yöntemidir.

# cTBil

- Ko-oksometri modülünde doğrudan spektrofotometri kullanarak hemolize edilmiş tam kan örneklerinde toplam bilirubin ölçülür
- 450-520nm arasında ek dalga boyları ile
- Tam kandan çalışılıyor !!

$$ctBil(P) = \frac{ctBil(B)}{1 - Hct(calc)}$$

$$Hct(calc) = \frac{0.0301}{g/dl} \times ctHb$$



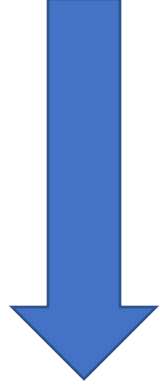
- **Işığa maruziyet** ile bilirubin konsantrasyonları etkilenebilir. Bu nedenle, örneklerin toplandıktan hemen sonra ışık geçirmez tüplerde saklanarak analiz edilene kadar ışıktan korunmaları çok önemlidir



# sO<sub>2</sub>

- Hemoglobin tarafından o<sub>2</sub> taşınma kapasitesinin ne kadarının kullanıldığının göstergesi , Hb oksijen doygunluğu
  - ( Oksihemoglobinin geri dönüşümlü O<sub>2</sub> taşıma yeteneği olan Hb'lere oranı)
- Spektrofotometrik ölçüm=sO<sub>2</sub> / Hesaplama=sO<sub>2</sub>(c)=O<sub>2</sub>SAT

# Spektrofotometrik ölçüm / Hesaplama , sO2(c)



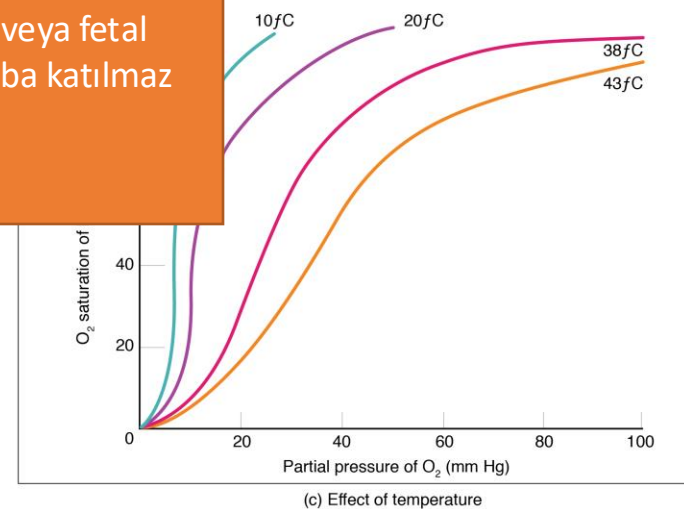
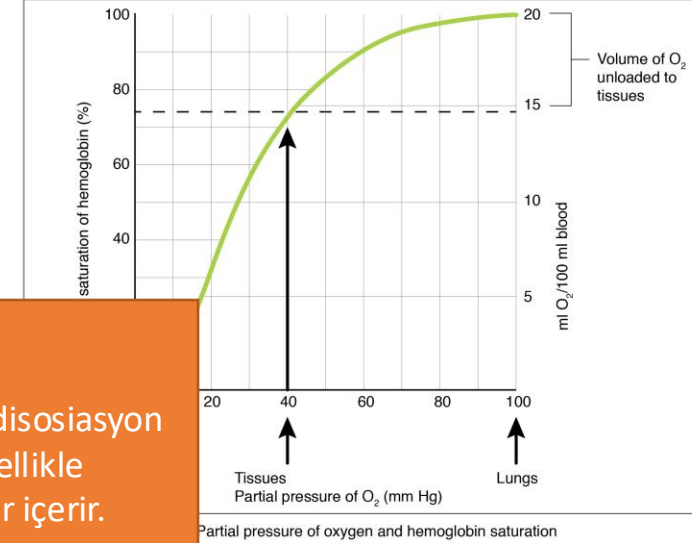
Farklı dalga boylarında ışığın soğurulması prensibiyle Hb fraksiyonları ölçülür

$$\%sO_2 = (cO_2Hb / (cO_2Hb + cHHb)) * 100$$



- Ölçülen pO<sub>2</sub> ve oksijen-hemoglobin disosiyasyon eğrisi aracılığıyla hesaplanabilir. Genellikle sıcaklık, pH ve pCO<sub>2</sub> için düzeltemeler içerir.

- Hücre içi 2-3-DPG hesaba katılmaz
- Genellikle dishemoglobinler veya fetal hemoglobinin etkilerini hesaba katılmaz



(c) Effect of temperature

# FO<sub>2</sub>Hb

$$FO_2Hb = cO_2Hb / ctHb$$

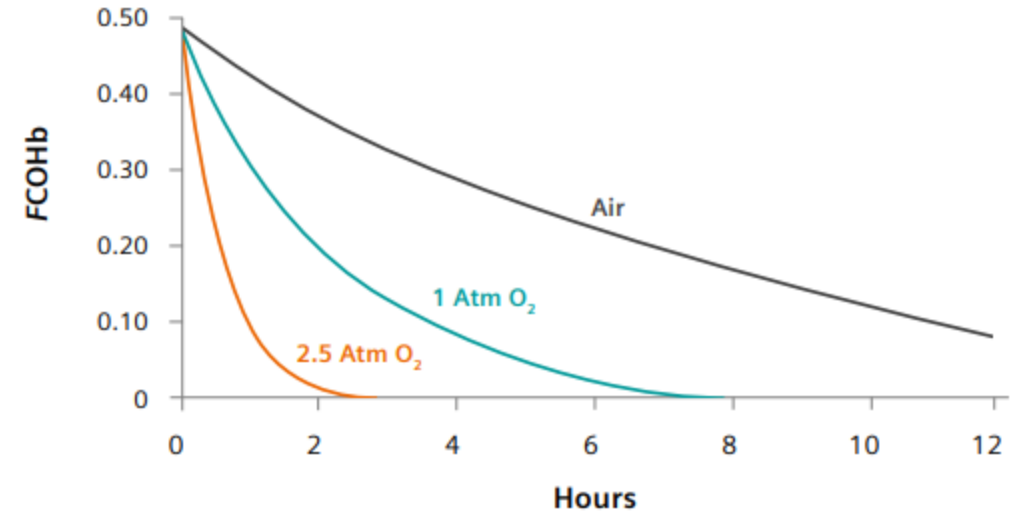
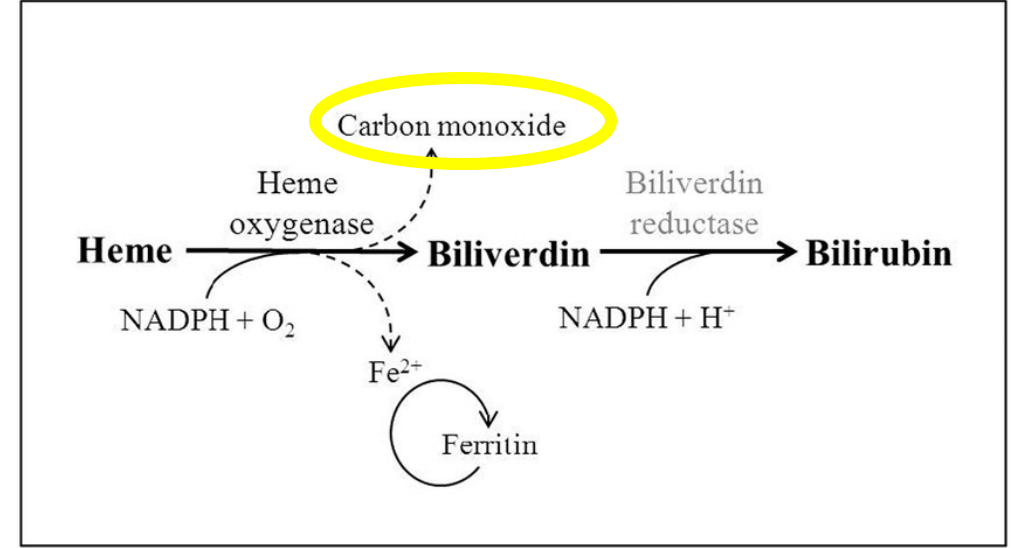
# S<sub>O</sub>2

$$\%sO_2 = (cO_2Hb / (cO_2Hb + cHHb)) * 100$$

Dishemoglobin konsantrasyonunun artması , kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır ve bu durum fraksiyonel oksijenlenmiş hemoglobin (FO<sub>2</sub>Hb) azalması olarak kendini gösterir, ancak oksijen saturasyonunda bir azalma meydana gelmez.

# FCOHb

- Hem yıkımı sırasında çıkan CO ve solunan havada bulunan CO nedeniyle <%2 olabilir
- CO zehirlenmesi (↑%70-80)
- Endojen nedenler (hemolitik anemi vs.) (↑%10)
- Metilen klorid zeh. (↑10-50)
  - KC'de CO'e metabolize olur.



# FMetHb

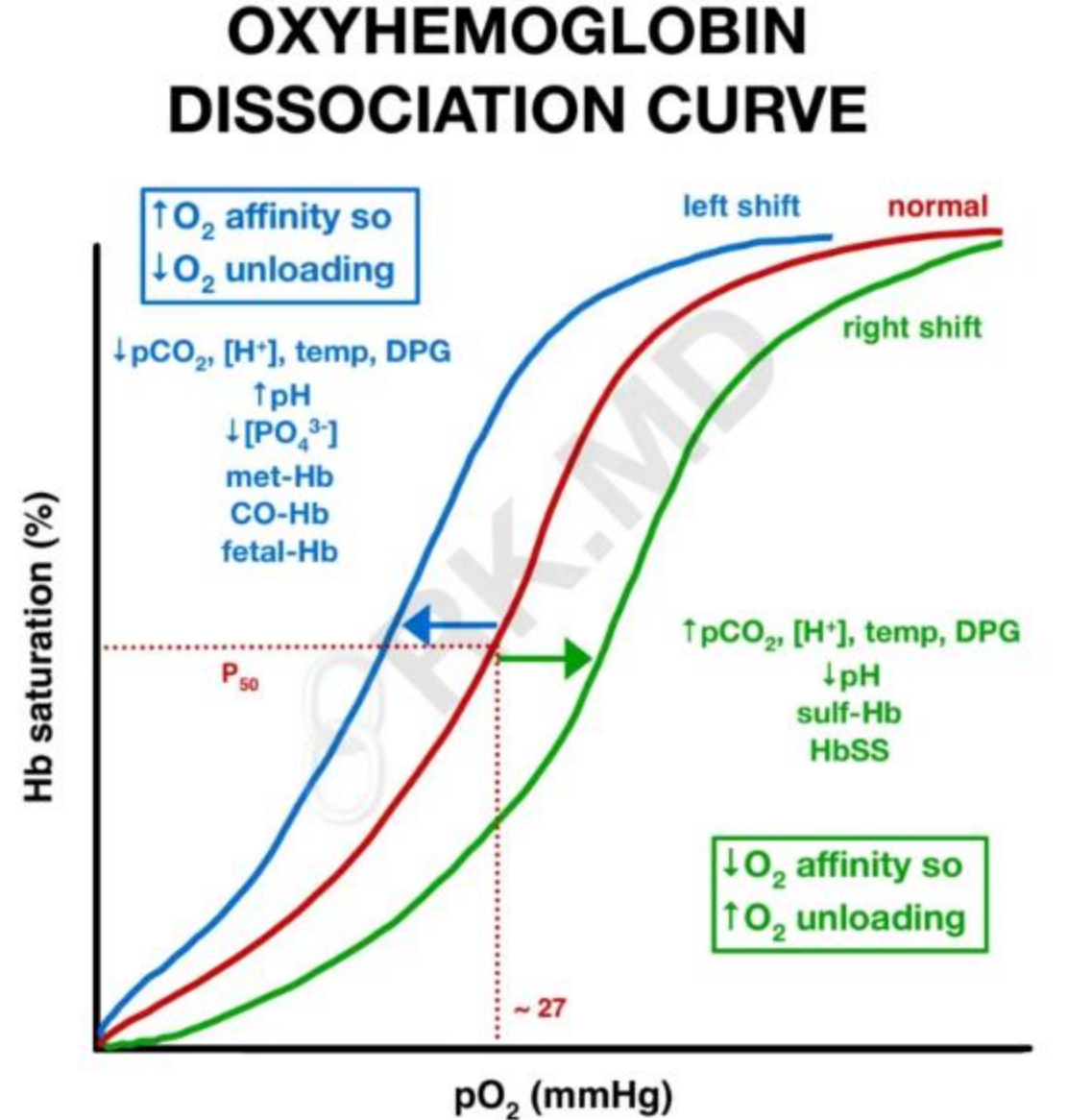
- Hb yapısında oksijen bağlama özelliği olan  $Fe^{+2}$  yerine okside  $Fe^{+3}$  bulunmasıdır.
- Düşük MetHb seviyesi için
  - Sitokrom b5 redüktaz
  - NADPH methemoglobin redüktaz
- Siyanoz
  - Önemli olan % değil cMethb >1,5g/dl siyanoz görülür.

| İlaçlar  | Yiyecek ve İçecekler  | Kimyasal ve çevresel maddeler  |
|--|---|--|
| Amino salisilik asit   | Koruyucu olarak nitrit veya sodyum nitrat kullanan donmuş veya kurutulmuş gıdalar | Asetanilit (verniklerde, kauçukta ve boyalarda kullanılır)   |
| Klorokin   | Mantarlar   | Anilinler ve anilin boyaları (örn. bebek bezi ve çamaşır işaretleme mürekkepleri, deri boyaları, kırmızı mum boya kalemleri) |
| Dapson   | Kök sebzeler, yapraklı yeşil sebzeler, diğer sebzeler                             | Antifiriz  |
| Lokal anestetikler, topikal spreyler ve benzokain, lidokain ve prilokain dahil kremler | Kuyu suyu   | Benzen türevleri (çözücü olarak kullanılır)  |
| Metoklopramid  |   | Kloratlar ve kromatlar (kimyasal ve endüstriyel sentezlerde kullanılır)  |
| Nitrogliserin  |   | Hidrojen peroksit (dezenfektan ve temizleyici olarak kullanılır)   |
| Nitroprussid   |   | Azot bazlı gübreler  |
| Sülfonamidler  |   | Parakuat (herbisitlerde kullanılır)  |
| Rasburikaz*  |   | Resorsinol (reçine eritme ve odun çıkarmada kullanılır)  |

+ Konjenital nedenler

# p50(act)/p50(st)

- P50(act): Hemoglobinin oksijen ile %50 doygun olduğundaki kısmi basıncı
- P50(st) : pH, PCO2 ve sıcaklık etkileri elimine edilerek hesaplanır
  - **2-3DPG**'nin farklı konsantrasyonları
  - **Anormal Hb yapısı** değişken olarak kalır ve sonucu etkiler.



- Teşekkürler...