

Kan gazı analizör seçiminde dikkat edilecek Noktalar: Analizörler Ölçüm Yöntemleri ve yapıları

Dr. Çiğdem SÖNMEZ

SBÜ. Dr. Abdurrahman Yurtarlan Onkoloji EAH

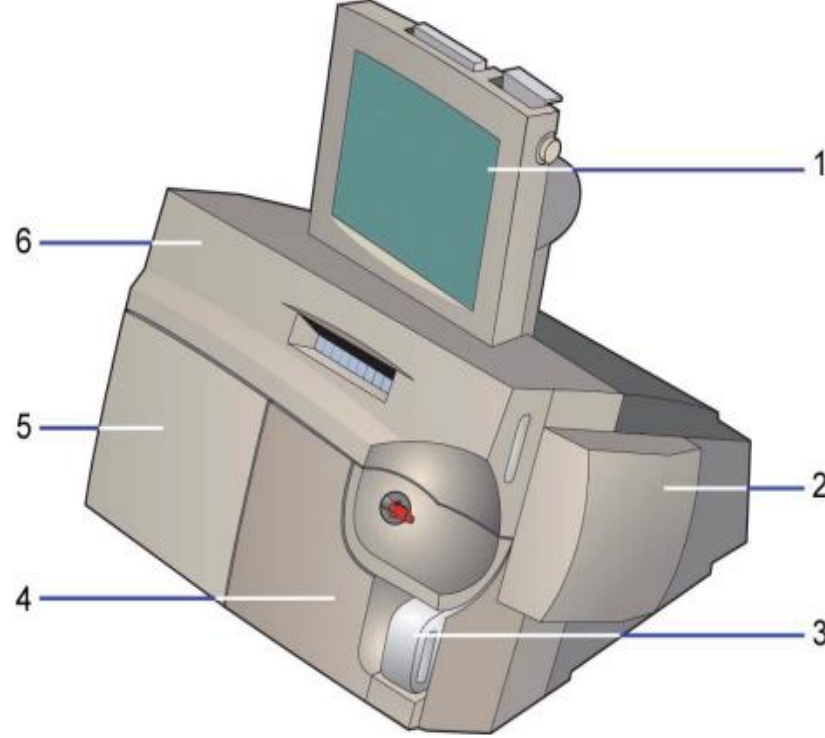
Tıbbi Biyokimya Kliniği

Kan gazı testi

- Solunum ve metabolik bozuklukların klinik yönetimi genellikle kandaki O_2 ve CO_2 'nin hızlı ve doğru ölçümlerine bağlıdır.
- Oksijenasyonun ve ventilasyonun değerlendirilmesi
- Asit baz dengesinin değerlendirilmesi
- Hastanın takip ve tedavisini hızla yönlendirir.
- Klinisyenlerin gözünde en hızlı çıkan laboratuvar testidir.
- Hem acil laboratuvarlarında hem de hasta başı cihazları olarak hem ambulanslarda kullanılabilir.

Kan Gazı Analizörleri

- Kan gazı kartuş
- Otomatik yıkama kartuş
-



- 1 Kullanıcı arayüzü modülü
- 2 AutomaticQC modülü (opsiyonel)
- 3 Atık modülü
- 4 Reaktif modülü
- 5 Yıkama modülü
- 6 Ölçüm ve CO-oksijen modülleri

elde taşınabilir,
her yerde bulunur.
düzenli bakım içeren
paketleştirilmiştir.



Kan Gazı Parametreleri

- Kan gazları
- Elektrolitler
- Metabolitler
- Hematokrit

| Elektrolitler | Metabolitler | Kan gazları |
|------------------|--------------|------------------|
| Na | Glukoz | pH |
| K | Laktat | pO ₂ |
| Cl | Bilirubin | pCO ₂ |
| Ca | | |
| Mg | | |
| HCO ₃ | | |

Kan Gazı Parametreleri

| Ölçülen Parametreler | | Hesaplanan Parametreler | |
|----------------------|-----------|------------------------------|--|
| pCO ₂ | PATm | HCO ₃ – (act) | ctCO ₂ |
| pO ₂ | MetHb | HCO ₃ - (std) | AnGap |
| Na | tHb | O ₂ SAT | p50 |
| K | Glukoz | O ₂ CT | RI (T) |
| Cl | Laktat | BE(B) | PO ₂ /F ₁ O ₂ |
| Ca | Bilirubin | ctO ₂ | DO ₂ |
| pH | COHb | BE(ecf) | VO ₂ |

HTC

Kan Gazı Parametreleri

- Parametrelerin isimleri kısaltmaları

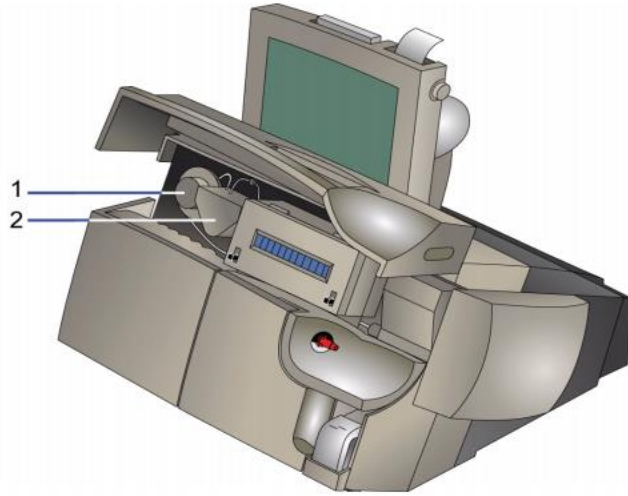
| Parametreler | Sonuçlar | Açıklama |
|--------------|-----------------|--|
| Kan Gazları | pCO_2 | parsiyel karbondioksit basıncı |
| | pO_2 | parsiyel oksijen basıncı |
| | pH veya H^+ | hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH ya da H^+ şeklinde ifade edilir) |
| Elektrolit* | Na^+ | sodyum |
| | K^+ | potasyum |
| | Ca^{++} | kalsiyum iyonu konsantrasyonu |
| | Cl^- | klorür |
| | $Ca^{++} (7.4)$ | pH'a göre ayarlanmış kalsiyum |
| | AnGap | ölçülmemiş katyonlarla ölçülmemiş anyonlar arasındaki tahmini fark |
| Metabolik | HCO_3^- act | gerçek bikarbonat |
| | HCO_3^- std | standart bikarbonat |
| | BE(B) | kandaki baz fazlası |
| | BE(ecf) | ekstraselüler sıvıdaki baz fazlası |

| Parametreler | Sonuçlar | Açıklama |
|--------------|----------|-------------------------------------|
| | BO_2 | oksijen bağlama kapasitesi |
| | $p50$ | %50 satürasyondaki oksijen gerilimi |

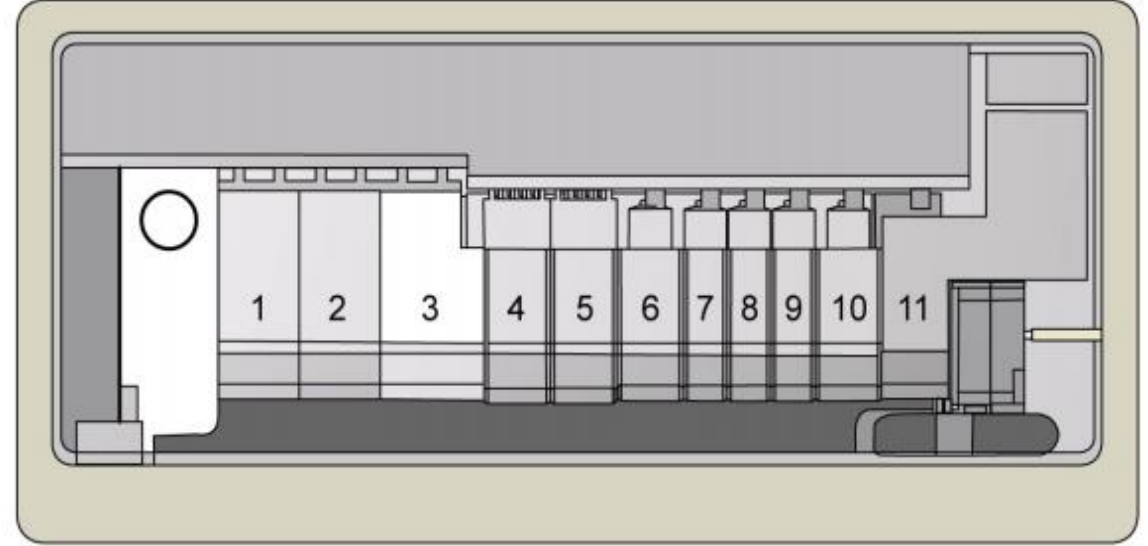
| Parametreler | Sonuçlar | Açıklama | |
|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|
| Oksijenasyon | $ctCO_2$ | total karbondioksit | |
| | $O_2SAT(est)$ | oksijen satürasyonu (tahmini) | |
| | $O_2CT(est)$ | oksijen içeriği (tahmini) | |
| | Hct^{\dagger} | tHb'den hesaplanan hematokrit | |
| Metabolitler* | pO_2/F_1O_2 | arteriyel pO_2 'nin alınan havadaki O_2 yüzdesine oranı | |
| | Glu | glüköz | |
| Sıcaklığa Göre Düzeltilmiş | Lac | laktat | |
| | $pH(T), H^+(T)$ | sıcaklığa göre düzeltilmiş pH | |
| | $pCO_2(T)$ | parsiyel karbondioksit basıncı | |
| | $pO_2(T)$ | parsiyel oksijen basıncı | |
| | RI(T) | respiratuvar indeks | |
| | $pO_2(A-a)(T)$ | alveolar-arteriyel oksijen basıncı farkı | |
| | $pO_2(a/A)(T)$ | Alveolar-arteriyel-oksijen gerilim oranı | |
| | $Qsp/Qt(T)^{\dagger}$ | fizyolojik şönt | |
| | $Qsp/Qt(T)(est)^{\dagger}$ | tahmini fizyolojik şönt | |
| | a-v Çalışma Parametreleri† | $ctO_2(a)$ | arteriyel oksijen içeriği |
| | | $ctO_2(v)$ | venöz oksijen içeriği |
| | | $ctO_2(\bar{v})$ | mikst venöz oksijen içeriği |
| $ctO_2(Hb)$ | | hemoglobin oksijen içeriği | |
| $\dot{V}O_2$ | | oksijen tüketimi hızı | |
| $\dot{D}O_2$ | | oksijen aktarımı | |
| CO-oksimetri Parametreleri† | $ctO_2([a-\bar{v}]/a)$ | a-v ekstraksiyon indeksi | |
| | $ctO_2(a-\bar{v})$ | arteriyel-mikst venöz oksijen içeriği farkı | |
| | tHb | total hemoglobin | |
| | FO_2Hb | oksihemoglobin | |
| | $FCOHb$ | karboksihemoglobin | |
| | $FMetHb$ | methemoglobin | |
| $FHHb$ | deoksihemoglobin | | |
| | sO_2 | hemoglobin oksijen satürasyonu | |

Kan gazı cihazı

- Elektrotlar
- CO-oksometri Modülü



- 1 CO-oksometri pompası
2 CO-oksometri bölmesi



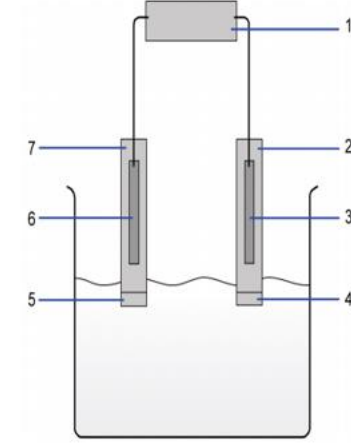
| | | | | | |
|---|---------|----------------------|----|-----------|----------|
| 1 | pO_2 | Oksijen | 7 | K^+ | Potasyum |
| 2 | pCO_2 | Karbon dioksit | 8 | Ca^{++} | Kalsiyum |
| 3 | Gnd | Örnek zemin/sıcaklık | 9 | Cl^- | Klorür |
| 4 | Glu | Glukoz | 10 | Na^+ | Sodyum |
| 5 | Lac | Laktat | 11 | Ref | Referans |
| 6 | pH | pH | | | |

Elektrokimya

- Elektrokimya, belirli iyonların aktivitesi tarafından üretilen akımın veya voltajın ölçülmesini içerir.
- Analitik teknikler arasında
 - **Potansiyometri,**
 - Amperometre
 - Voltametre

Potansiyometre

- Bir çözeltildeki iki elektrot arasındaki potansiyelin (voltajın) ölçülmesi, analit konsantrasyonunu ölçmek için çeşitli prosedürlerin temelini oluşturur.
- Elektriksel potansiyeller, bir çözeltildeki bir metal ile o metalin iyonları arasındaki arayüzde üretilir. Bu tür potansiyeller, o iyonu yarı geçirgen bir zarın bir iyonun farklı konsantrasyonlarını ayırması durumunda da mevcuttur.
- Elektrot potansiyelini ölçmek için, referans potansiyeli olarak sabit voltajlı bir kaynağa ihtiyaç vardır.
- Sabit voltajlı elektrotta referans elektrot, ölçüm elektrotuna ise indikatör elektrot denir. Bir çözeltildeki iyonların konsantrasyonu, iki elektrot arasındaki ölçülen potansiyel farkından hesaplanabilir.
- Potansiyometri harici akım uygulanmadığı ve hücre denge durumunda olduğu sırada bir elektrokimyasal hücredeki 2 elektrot arasında oluşan voltaj ya da potansiyelin ölçümüdür.
- Elektrokimyasal hücre 2 elektrot (bir **ölçüm elektrodu** ya da indikatör elektrot ve bir **referans elektrot**), bir elektrolit solüsyonu (örnek solüsyonu) ve voltmetre gibi bir ölçüm cihazından oluşmaktadır.
- Ölçülen hücre potansiyeli, Nernst denklemi ile molar konsantrasyona bağlıdır.



- 1 Voltmetre
- 2 Potasyum klorür solüsyonu
- 3 Referans elektrodun iç ögesi
- 4 Sıvı temas potansiyeli oluşumu
- 5 İyon seçici membran
- 6 ISE iç referans ögesi
- 7 Bir sabit elektrolit solüsyonu

Nerst denklemleri

- Nernst denklemleri, belirli bir elektrot sistemi için oksitlenmiş ve indirgenmiş türlerin konsantrasyonları göz önüne alındığında elektrokimyasal hücre potansiyelini tahmin etmek için yararlıdır.

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{red}}}{a_{\text{ox}}} = E^{\circ} - \frac{2.302RT}{nF} \log \frac{a_{\text{red}}}{a_{\text{ox}}} \quad (\text{Eq. 4-12})$$

where:

E = cell potential measured

E° = standard reduction potential

n = number of electrons involved in the reaction

a_{red} = activity of the reduced species

a_{ox} = activity of the oxidized species

F = Faraday (96,485 C/mol)

T = absolute temperature

R = molar gas constant

Substituting molar concentration for activity and common logarithm for natural log:

$$E = E^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log \frac{C_{\text{red}}}{C_{\text{ox}}} \quad (\text{Eq. 4-13})$$

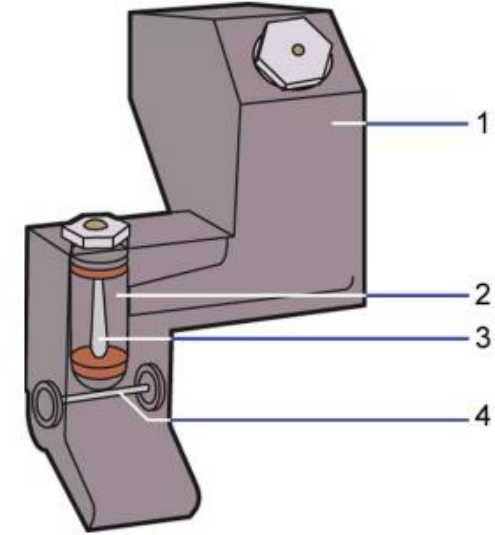
where:

C_{red} = concentration of reduced species

C_{ox} = concentration of oxidized species

Potansiyometre

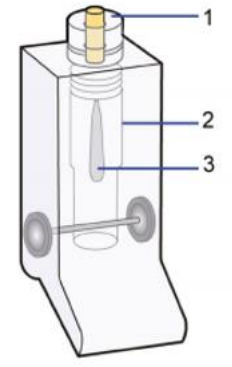
- **Referans elektrot kavramı:** Birçok elektroanalitik uygulamada (örneğin pH ölçümü), bir elektrodun yarı hücre potansiyelinin bilinmesi, sabit olması ve incelenen çözeltinin bileşimine tamamen duyarsız olması istenir. Bu tanıma uyan bir elektrota referans elektrot denir.
- İdeal bir referans elektrot
 - (1) Nernst denkleminde uymalı,
 - (2) zamanla sabit bir potansiyel sergilemeli,
 - (3) küçük akımlara maruz kaldıktan sonra orijinal potansiyeline geri dönmelidir.
- Standart hidrojen elektrodu (SHE) bu özelliklerin çoğunu gösterir ancak klinik laboratuvar cihazlarında kullanımı pratik değildir.
- Referans sensör bir gümüş klorür (AgCl) ve iyon geçirgen polimer tabakasıyla kaplı ve satüre potasyum klorür (KCl) solüsyonu ile çevrili bir gümüş tele sahiptir.
-
- Solüsyondaki Cl⁻ iyonları konsantrasyonunun değişmemesinin sağlanması yoluyla referans sensör sabit bir elektriksel potansiyel mevcut olmasını sağlar.
- Referans sensör solüsyonu bölümünde 37 ° C doymuş bir KCl solüsyonu mevcut olmasının sağlanması için bir KCl bloğu bulunur



- 1 Solüsyon bölümü
- 2 Satüre potasyum klorür solüsyonu
- 3 Gümüş/gümüş klorür elektrot
- 4 Örnek yolu

Potansiyometre

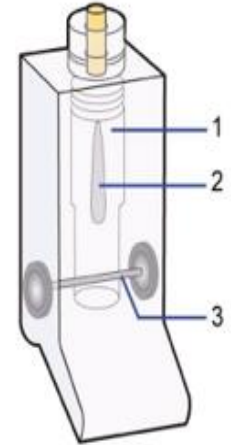
- **İyon seçici elektrot (ISE)**, belirli bir iyonla yanıt verebilen bir elektrokimyasal dönüştürücüdür.
- ISE, ölçtüğü iyon için çok hassas ve seçicidir.
- Analiz edilecek çözeltiden bir referans çözeltisi ve bir referans elektrodu ayıran bir membran veya başka bir bariyerden oluşur.
- İyon seçici elektrot tasarımının karmaşıklığı, iyonik seçiciliğini belirleyen membran/bariyer bileşimine bağlıdır.
- Cam elektrotlar, sıvı membran elektrotlar, çökelti emdirilmiş membran elektrotlar, katı hal elektrotlar, gaz elektrotlar ve enzim elektrotlar dahil olmak üzere birçok ISE türü mevcuttur.
- Elektrolitler için kullanılan sensörler iyon seçici elektrot (ISE) teknolojisine dayanmaktadır.
- Her sensör spesifik bir iyon için yüksek seviyede selektif olan bir membrana sahiptir.
- Elektrolit ölçümünde özgünlüğü membran sağlamaktadır.
- Na, K, Cl, Ca HCO₃ yanı sıra anyon gap ve pH 7.4'e uyarlanmış Ca sonucunu da vermektedir.



- 1 Elektrik bağlantısı
- 2 Elektrolit solüsyonu
- 3 Gümüş/gümüş klorür elektrot

Potansiyometre

- **pH Elektrodu** Cam elektrotlar hidrojen iyon aktivitesini (pH veya hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritması) ölçmek için ilk ve hala en yaygın elektrotlardır.
- Bir pH elektrodu, klorür iyon tampon çözeltisi içeren hidratlı ve hidratsız cam katmanlarından yapılmış küçük bir ampulden oluşur.
- Tampon bilinen bir hidrojen iyon konsantrasyonuna sahiptir.
- Genellikle gümüş/gümüş klorür olan dahili bir elektrot, dahili bir referans elektrot görevi görür.
- Doymuş bir kalomel elektrot, harici bir referans elektrot olarak kullanılır.
- pH elektrodunda üretilen potansiyeller, dış referans elektroduna (doymuş kalomel) referanslanır ve fark veya değişim pH birimleri olarak gösterilir.

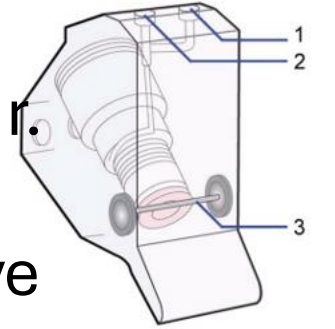


- 1 Tampon solüsyonu
- 2 Gümüş/gümüş klorür elektrot
- 3 Örnek yolu

Potansiyometre



- **pCO₂ Elektrodu;** plastik bir kılıf içinde bulunan bir pH elektrodudur.
- Bu plastik kılıf, sodyum bikarbonat tamponuyla doldurulur ve ağzında gaz geçirgen bir membran (Teflon veya silikon) bulunur.
- Çözünmüş karbondioksit (CO₂) içeren tam kan Teflon membranla temas ettiğinde, kandaki CO₂ tampondan geçer ve tamponla karışır.
- Denge reaksiyonu, bir numunedeki karbondioksit moleküllerinin sayısına bağlı olarak değişir.
- Hidrojen iyon aktivitesi, potansiyometrik bir pH indikatör sistemiyle ölçülür.



- 1 Ölçüm elektrodu temas noktası
- 2 İç referans elektrot temas noktası (Ag/AgCl)
- 3 Örnek yolu

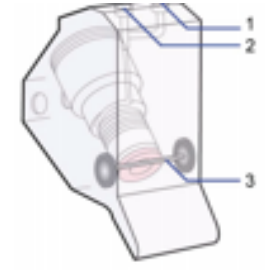
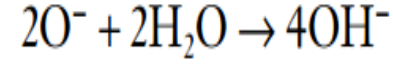
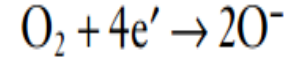
Elektrokimya

- Elektrokimya, belirli iyonların aktivitesi tarafından üretilen akımın veya voltajın ölçülmesini içerir.
- Analitik teknikler arasında
 - **Potansiyometri,**
 - **Amperometre**
 - Voltametri

Amperometri

- Amperometri hücre içindeki 2 elektro arasında sabit bir voltaj uygulaması sonrası üretilen voltaj ile elektron üreten veya tükenten bir reaksiyon oluşur.
- Solusyon içindeki spesifik bir maddenin belirlenmesini sağlar.
- Amperometri, bir oksidasyon-redüksiyon reaksiyonu tarafından üretilen akım ölçümüdür.
- Birkaç immobilize enzim elektrodu, pO_2 elektrotları ve klorür titratörleri bu prensibi kullanır.

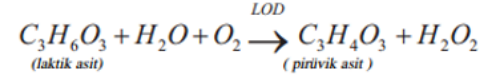
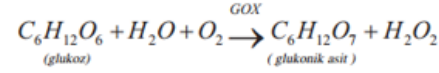
Amperometri



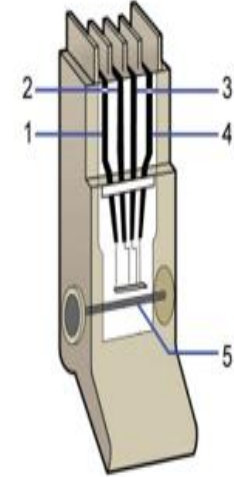
1 Katot temas noktası
2 Anot temas noktası
3 Örnek yolu

- **pO₂ Gaz Algılama Elektrodu**
- Kan gazı analizörlerine dahil edilen yaygın olarak kullanılan bir oksijen algılama elektrodu (kandaki oksijenin kısmi basıncını belirlemek için), gösterge elektrodu olarak amperometrik veya akım algılayan bir elektrolitik hücre kullanır.
- pO₂ elektrodu, çözünmüş oksijenin geçmesine izin veren genellikle polipropilen olan gaz geçirgen bir membran kullanır.
- Bu membran ayrıca diğer kan bileşenlerinin (elektrotla etkileşime girebilecek) geçmesini de önler.
- Oksijen membrana nüfuz ettiğinde, reaksiyona göre polarize bir platin katotla reaksiyona girer:
- Bu da hücreden geçen akımda bir değişikliğe neden olur ve bu değişiklik, numunede bulunan kısmi oksijen basıncıyla doğru orantılıdır.

Metabolitler



- Glukoz ve laktat ölçümü; ölçüm elektrodu bir bağlayıcı içinde platin ve glukoz oksidaz laktat oksidaz içerirken referans elektrot Ag/AgCl'den oluşurken ilave 2 elektrot (karşıt elektrot ve ölçüm elektrodu) oluşmaktadır.
- Ampometrik yöntem kullanan tam elektrokimyasal hücredir.
- Analiz esnasında polarize edici voltaj oluşur.
- Glukoz - glukoz oksidaz ile hidrojen peroksit ve glukronik asit oluşur.
- Laktat laktat oksidaz ile pürivik asit ve hidrojen peroksit oluşur.
- Hidrojen peroksit polarize edici voltaj ile oluşan elektron kaybı metabolitler konstrasyonları ile doğru orantılıdır.



- 1 Glukoz ve laktat ölçen elektrot
- 2 Referans elektrot
- 3 Etkileşim ölçen elektrot
- 4 Karşıt elektrot
- 5 Örnek yolu

Hemoglobin ve türevleri

- Hemoglobin Total Hb

- OxiHb
- DeoxiHbmetHb
- COHb
- SulfHb

Total hemoglobin concentration (tHb)

$$= c_{O_2Hb} + c_{HHb} + c_{MetHb} + c_{COHb} + c_{SHb}$$

- Hb türevlerinin her biri karakteristik absorbanans spektrumlarına sahiptir.

$$\text{Hemoglobin oxygen saturation (SO}_2\text{)} = \frac{c_{O_2Hb}}{c_{O_2Hb} + c_{HHb}}$$

$$\text{Fractional oxyhemoglobin (FO}_2\text{Hb)} = \frac{c_{O_2Hb}}{c_{tHb}} \times 100\%$$

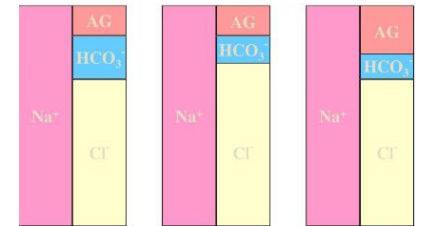
Hematokrit

$$Hct = ctHb \times 2.941$$

- Htc değeri hesaplamasında kullanılan 2.941 sabiti ortalama korpüsküler hemoglobin (MCHC) konsantrasyonunun 100g/dL'nin %34 şeklindeki bir normalden hesaplanmıştır.
- Kan sayım cihazları için kullandığımız formülümüz
 - $HCT = MCV \text{ (fL)} * \text{Eritrosit sayısı (Milyon}/\mu\text{L)} / 10$

$$\text{Anyon Gap mEq/L} = ((\text{NA}) - ((\text{Cl}) + (\text{HCO}_3)))$$

- Anyon açığı ölçülen serum katyonları (pozitif yüklü partiküller) ile anyonları (negatif yüklü partiküller) arasındaki fark.
- Referans aralık 12 ± 2 mmol/L
- Metabolik asidoz ayırıcı tanısında kullanılır.



Kan gazı alfabesi

BOX 37.3 Conversion Factors, Prefixes, Symbols, and Descriptors Used in Discussions of Gases Measured in Blood and Expired Air^{88, a}

Conversion Factors

1 mm Hg = 0.133 kPa

1 kPa = 7.5 mm Hg

kPa: 1 kilopascal = 1000 pascal. The pascal is the standard international derived unit of pressure; it equals 1 N/m²

General Prefixes

P: partial pressure or tension

Usage: PO_2 , PCO_2 , PH_2O

Alternative: pO_2

S: saturation fraction

Usage: SO_2

Alternative: sO_2

c: substance concentration

Usage: ctO_2 for concentration of total O_2

Usage: $ctCO_2$ for concentration of total CO_2

Usage: $cHCO_3^-$ for concentration of bicarbonate

d: dissolved gas, used with substance concentration (*c*)

t: total, used with substance concentration (*c*), thus

$$ctO_2 = cHCO_3^- + cdCO_2$$

Specimen origin is indicated by lower case letters. Whole blood and plasma are distinguished by capitals.

a: arterial B: blood

v: venous P: plasma

c: capillary

Usage: $PO_2(aB)$, for partial pressure of O_2 in arterial blood

Prefixes Associated With External Respiration

V: volume of air or blood (unit, L)

\dot{V} : volume rate (unit, L/min)

F: substance fraction, also called mole fraction

E: expired air

I: inspired air

A: alveolar air

Usage: $V(A)$ means alveolar ventilation; $V(B)$ cardiac output;

$FO_2(I)$ fraction of O_2 in inspired air; $PO_2(A)$ partial pressure of O_2 in alveolar air; and $PCO_2(E)$ partial pressure of CO_2 in expired air.

Other Descriptors

BTPS: *Body Temperature* (37 °C or 310.16 K) and ambient Pressure, fully Saturated ($PH_2O = 47$ mm Hg or 6.25 kPa)

STPD: *Standard Temperature* (0 °C or 273.16 K) and standard Pressure (760 mm Hg or 101.08 kPa) of *Dry* gas

Amb: ambient atmosphere (unit is atm, atmosphere)

B: barometric (atmospheric)

BTPS: Usage: $P(amb)$, $P(Amb)$

SVP: *Saturated Vapor Pressure*, the vapor pressure of water.

SVP_T means SVP at a specified temperature (e.g., $SVP_{37\text{ }^\circ\text{C}} = 47$ mm Hg; $PH_2O[\text{saturated}]$)

ATPS: *Ambient Temperature and Pressure, Saturated with water vapor*

^aThis list is not complete but is presented to facilitate interpretation of terms used in the text and to illustrate various forms that may be encountered in the literature.

PCO_2 , Partial pressure of carbon dioxide; PH_2O , partial pressure of water; PO_2 , partial pressure of oxygen.

Kan gazı davranışı

- Solunum havası veya kandaki gaz basınçlarının belirlenmesi belirli fiziksel prensiplerin uygulanmasına bağlıdır.
- Kanda çözünen bir gazın kısmi basıncı (gerilimi),tanım gereği kanla denge halindeki ideal gaz fazındaki gazın kısmi basıncına eşittir.
- Dengede, bir gazın kısmi basıncı eritrositler ve plazmada aynıdır.

Kan gazı davranışı

- Kan gazının davranış durumu için fiziksel prensipler
 - Cihaz dizayn edilmesi
 - Cihaz kalibrasyonu

TABLE 37.1 Physical Principles Applied in Blood Gas Measurements

| | |
|---|-----------------------|
| Boyle's law: The volume of an ideal gas at a constant temperature varies inversely with the pressure exerted to contain it. | $V \propto 1/P$ |
| Charles' (Gay-Lussac's) law: The volume of an ideal gas at a constant pressure varies directly with its absolute temperature. | $V \propto T$ |
| Avogadro's hypothesis: Equal volumes of different ideal gases at the same temperature and pressure contain the same number of molecules. | $n_i/V_i = n_j/V_j$ |
| Dalton's law: The total pressure exerted by a mixture of ideal gases is the sum of the partial pressures of each of the gases in the mixture. | $P = \sum P_i$ |
| Henry's law: The amount of a sparingly soluble gas dissolved in a liquid is proportional to the partial pressure of the gas over the liquid. | $c = \alpha \times P$ |

Kan gazı davranışları

- Gazların bulunduğu çeşitli alanlar, ortam havası (oda havası), hastanın bronşiyal ağacı ve alveolleri ve bir laboratuvar cihazının ölçüm odasını içerir.
- Tüm bu alanlarda, atmosferik (barometrik) veya ortam basıncı, $P(\text{Amb})$, hakim basınçtır ve bu alanlarda bulunan gazların her birinin kısmi basınçları, irtifa ve barometrik basınca göre değişecek olan $P(\text{Amb})$ değerine eklenmelidir.
- Bilimsel gelenek, deneysel verileri aktarılabilir kılmak için $P(\text{Amb})$ 'de yapılan gaz hacimlerinin ölçümlerini kuru gaz için standart sıcaklığa ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ veya $273,16\text{ K}$) ve basınca (760 mm Hg veya $101,325\text{ kPa}$) indirger.
- Bununla birlikte, kan gazı çalışmasında, kısmi basınç ölçümlerinin her zaman vücut sıcaklığında (genellikle $37\text{ }^{\circ}\text{C}$), $P(\text{Amb})$ 'de ve doymuş su buharı (47 mm Hg veya $6,3\text{ kPa}$) varlığında yapılması standarttır.

Kan gazlarının davranışı

1. Kan gazları için laboratuvar verilerini hastanın coğrafi konumuna sıkı sıkıya bağlıdır. Böylece referans aralıkları rakıma bağlı hale gelir.
2. 37 °C vücut sıcaklığı ve ölçüm cihazının da kan örneğini tam olarak 37 °C'de tuttuğunu varsayar. Bu varsayım, cihazın termal kararlılığının önemini vurgular. Hastadaki kan gazı kısmi basınçlarının hastanın gerçek vücut sıcaklığına (hipotermi-hipertermi) göre düzeltilmesi gerekebileceği anlamına gelir.
3. Kanda ölçülen gazların kısmi basınçlarının, hem cihazın kalibrasyon koşulları hem de kan örneğinin ölçüm koşulları için aynı olan sabit ve standart doymuş buhar basıncı (SVP) ile birlikte var olduğunu kabul eder.

Kan gazlarının davranışı

$$P = (nRT)/V$$

- Boyle ve Charles yasaları ve Avogadro hipotezi birleştirilir. burada
 - P = milimetre cıva (mm Hg) veya kilopaskal (kPa) cinsinden basınç;
 - V = ideal bir gazın bulunduğu litre cinsinden hacim;
 - T = kelvin derece cinsinden sıcaklık (0 °C 5 273,16 K); n 5 gaz mol sayısı; ve
 - R = gaz sabiti.
- P'nin standart uluslararası (SI) birimi paskaldır. Ancak milimetre cıva (mmHg)(torr olarak da adlandırılır) bazı ülkelerde popülerliğini sürdürmeye devam etmiştir..
- SI birimlerinin kullanımı pratik bir avantaja sahiptir, çünkü 1 atm neredeyse 100 kPa'ya eşittir (1 atm = 101,325 kPa). Bu nedenle kilopaskal cinsinden ifade edilen kısmi basınçlar, karışımdaki gazların 1 atm'deki yüzdelerinin yakın tahminleridir.
- Basınç, P (veya p), ortam havasındaki gaz karışımı için P(Amb) ifadesinde olduğu gibi toplam basınç veya oksijenin (PO₂) kısmi basıncında olduğu gibi atardamar kanındaki kısmi basınç anlamına gelebilir.

$$P(\text{amb}) = PO_2 + PCO_2 + PN_2 + PH_2O + PX$$

Kan gazlarının davranışı

- Dalton kısmi basınç yasası oda havası için geçerli iken çözeltideki gazlar için geçerli değildir.
- PX =hava örneğindeki diğer herhangi bir gazın PX 'i.
- Çözeltideki gazlar için Dalton yasası geçerli değildir çünkü tüm çözünmüş gazların kısmi basınçlarının toplamı, çözeltinin ölçülen basıncından daha düşük, eşit veya daha yüksek olabilir.
- Gaz gerginliklerinin toplamı çözeltinin basıncından önemli ölçüde yüksekse, derin sudan yüzeye çıkan dalgıçların kanında olduğu gibi kan gazı analizi esnasından hava kabarcıkları ısıtılan soğuk kan örneğinde karşımıza çıkabilir.

Kan gazlarının davranışı kalibrasyon

$$P(\text{amb}) = 747 \text{ mm Hg} = P\text{O}_2 + P\text{CO}_2 + P\text{N}_2 + P\text{H}_2\text{O}$$

- Dalton'un kısmi basınç yasası, ölçüm cihazlarının kalibrasyonu ve kontrolü içinde önemlidir.
- %15 O₂ (L/L veya mol/mol) ve %5 CO₂ içerdiği onaylanmış bir kalibratör gazı düşünün, geri kalanı azottur (N₂). Kuru karışımdaki gazların mol kesirleri (veya F) sırasıyla 0,15, 0,05 ve 0,80'dir.
- Bu karışım, 37 °C'de su buharıyla doyurulduktan sonra (bir hastanın kanını veya alveolar havayı taklit etmek için), hastanın vücut sıcaklığını taklit etmek için 37 °C'de tutulan bir kan gazı cihazının ölçüm odasına sokulur ve cihazın hastaların örneklerindeki gazların sonraki ölçümleri için kalibre edilmesi amaçlanır.
- Bu durumda yerel barometrik basınç, P(Amb), 747 mm Hg ise, oda içinde ortam barometrik basıncında nemlendirilmiş kalibratör gazı bulunur.
- Kalibratör gazının PO₂ ve PCO₂'sini ayarlamak için, öncelikle 37 °C'deki PH₂O suyun SVP'sine, 47 mm Hg.PH₂O'ya göre düzeltilmiş P(Amb), mol kesirleri bilinen kuru gazlar için kısmi basınçların toplamını temsil ediyorsa, ölçüm koşulları altında kalibratör gazı için kesin PO₂ ve PCO₂ değerleri hesaplanabilir ve daha sonra bu kalibratör değerleri cihaz tarafından kullanılabilir.

Baz fazlalığı (BE)

- Baz fazlalığı, bir hastanın 37 °C'da pCO₂ mmHg değerinde kan pH'ını 7,4'e döndürmek için gereken asit miktarı olarak tanımlanır.
- Yazılım algoritmaları baz fazlalığını hesaplamak için HCO₃⁻ değerlerini kullanır.

Kandaki oksijen-SO₂

$$SO_2 = \frac{\text{Oxygen content}}{\text{Oxygen capacity}}$$

- **Hemoglobin Oksijen Doygunluğu**
- Hb'nin O₂'ye olan afinitesini etkileyen faktörler tartışılmadan önce, Hb O₂ doygunluğu (SO₂) kavramını tanımlamak önemlidir:
- Bu, O₂ ile doymuş olan işlevsel Hb'nin kesridir (yüzdesi) ve esasen PO₂'yi tahmin etmenin dolaylı bir yoludur. Ancak, O₂ "doygunluğunu" belirlemek için en az üç farklı yaklaşım vardır ve her biri farklı olsa da, genellikle O₂ doygunluğunu belirlemek için birbirinin yerine kullanılırlar.
- Bu üç terim -**Hb SO₂**, **fraksiyone oksihemoglobin (FO₂Hb)** ve **tahmini O₂ doygunluğu (O₂Sat)**- CLSI tarafından belirlenen farklı tanımlara sahiptir. Bu 3 parametre sağlıklı bireylerde birbirine yakın iken dishemoglobin veya Hb varyantlarına sahip olanlarda hatalı sonuçlara yol açabilir.
- Siyanotik hastalarda SO₂ kullanımı, PO₂'ye kıyasla oksijenasyon durumunun daha iyi değerlendirilmesini sağlayabilir.

Kandaki oksijen- FO₂Hb- Co-oksometre

$$FO_2Hb = (cO_2Hb/cO_2Hb + cHHb + cCOHb + cMethHb + cSulfHb)$$

- Bu değer, tüm Hb türlerinin belirlenmesini gerektirir ve modern kan gazı analizörlerinde bulunan bir ko-oksometre üzerinde gerçekleştirilebilir.
- Bu cihazlar tipik olarak tam kandan sonikasyonla bir hemolizat hazırlar ve toplam Hb miktarını ve yukarıda belirtilen türlerin her birinin yüzdesini spektrofotometrik olarak belirler. 535-670nm monokromatik ışık kullanılarak ve her dalga boyundaki absorbans ölçülerek gerçekleştirilir.
- Her Hb türünün kendi absorbans düzeni olduğundan, bir mikrobilgisayar her birinin yüzdesini hesaplayabilir.
- FO₂Hb için referans aralığı 0,90-0,95'tir (%90-95).
- Arteriyel FO₂Hb'deki azalmalar düşük arteriyel PO₂'yi veya Hb'nin O₂ bağlama yeteneğinin bozulduğunu gösterebilir.
- Azalmış FO₂Hb hemoglobini, Hb'nin bir kısmını COHb, MetHb, SulfHb veya siyanmethemoglobin türlerine dönüştüren ve O₂'yi düzgün bir şekilde bağlayamayan veya değiştiremeyen zehirlenmeler sonucunda da ortaya çıkabilir.
- Klinik olarak, arteriyel hipoksemi (azalmış arteriyel PO₂ ve O₂'nin azalan bulunabilirliğinden kaynaklanan azalmış FO₂Hb) ile siyanoz (azalmış FO₂Hb, anormal derecede yüksek konsantrasyonlarda azalmış Hb veya O₂ taşıyamayan kimyasal olarak değiştirilmiş Hb nedeniyle) arasında ayırım yapmak önemlidir.
- Siyanoz durumunda, siyanoz MetHb veya COHb'nin varlığından kaynaklanıyorsa SO₂ veya O₂Sat ölçümü normal olabilir.

Kandaki oksijen p_{50}

$$\log P_{50} = \log PO_2 - \logit SO_2/2.7$$

- Kandaki Hb'nin O_2 ile yarı doymuş olduğu değer.
- Yetişkinler için 37 °C pH 7,4'de referans aralığı 23 ila 28,5 mm Hg Yeni doğan bebeklerde Hb F varlığı nedeniyle aralık 18-24 mm Hg'dir.
- p_{50} için artan değerler, O_2 ayrışma eğrisinin sağa doğru kaydırır. (yani, Hb'nin O_2 'ye olan afinitesinin azalması).
 - Başlıca nedenler; hipertermi, asidemi, hiperkapni, yüksek 2,3-DPG konsantrasyonları ve O_2 afinitesinin azaldığı bir Hb varyantının varlığıdır.
- p_{50} için düşük değerler, O_2 ayrışma eğrisinin sola kaydırır. (yani Hb'nin artan afinitesi) gösterir.
 - Başlıca nedenler hipotermi, akut alkalemi, hipokapni, düşük 2,3-DPG ve varyant Hb'dir.

Kan gazı analizörlerinde - kalite kontrol

- CLIA 1988'e göre, İKK her 8 saatte veya 24 saatlik dönemde tüm kontrol konsantrasyonları aralığı kapsanır. üç kontrol konsantrasyonu
- Daha yeni analizörler, özellikle daha küçük uydu laboratuvarı ve bakım noktası cihazları, sıklıkla otomatik kalite kontrol (KK) özelliğine sahiptir veya elektronik KK'ler kullanır.
- CLIA 1991'de laboratuvarlar arası performans için şu kriterleri belirledi:
- pH, hedef değer ± 0.04 ; PO₂, hedef değer ± 3 SD; ve PCO₂, hedef değer $\pm \%8$ veya ± 5 mm Hg,

Kan gazı analizörlerinde - kalite kontrol

Kan ve florokarbon bazlı kontrol materyalleri.

- Ticari kan bazlı kontrol materyalleri genellikle tamponlu ortamda süspansiyon edilmiş ve bilinen O_2 ve CO_2 içeriğine sahip bir gaz karışımıyla şişelerde kapatılmış tabaklanmış insan eritrositlerinden oluşur.
 - Bu tür malzemeler için pH için %0,1, PCO_2 için %2,5 ve PO_2 için %3,2'lik değişim katsayıları yaygındır.
- Florokarbon bazlı kontrol materyalleri kaninkine benzer O_2 taşıma özelliklerine sahip kan dışı florokarbon materyalleri de mevcuttur. Bu ürünler genellikle üç pH, PCO_2 ve PO_2 konsantrasyonunda yapılır.
 - Sulu kontrollerin dezavantajları, kana benzememelerinden kaynaklanır.
 - Daha düşük viskozite ve yüzey gerilimi, farklı yıkama özellikleri kazandırır ve tıkanıklığı yansıtmama yeteneklerini zayıflatır. Daha yüksek elektriksel iletkenlik, yetersiz topraklamayı tespit etmedeki etkinliklerini azaltır ve daha düşük termal katsayılar, sıcaklık kontrolü arızalarını tespit etmelerini yavaşlatır. Bununla birlikte, sulu ticari kontroller açık ara en yaygın olanlardır
- Açılmamış halde, bu tip kontrol materyalleri buzdolabında uzun raf ömrü avantajlarına sahiptir: tabaklanmış eritrositler için 20 ila 28 gün ve diğerleri için daha da uzun.

Kan gazı analizörlerinde – Analitik hata

- Yanlış ayar noktalarıyla cihaz kalibrasyonu,
- Bozulmuş kalibrasyon malzemeleri,
- Ölçüm odasının sıcaklık kontrolünün başarısız olması ve
- Kirli bir numune odası veya yolu,
- Nemlendirme cihazı düzgün çalışmadığı kaynaklanabilir.
 - PO₂ ölçümleri sıcaklık hatasına karşı özellikle hassastır.
 - Sistemik hatayı %1 ila %2 arasında tutmak için 37 °C'deki sıcaklık kontrolü $\pm 0,1$ °C içinde olmalıdır.
 - Dahili barometreler yakındaki meteoroloji istasyonlarıyla iletişime geçilerek kontrol edilebilir.
 - Bir kan örneğinde bulunan O₂ dışındaki gazlar PO₂ elektrodunun performansını etkileyebilir.
 - Anestezik gazlar halotan ve nitroz oksit doğrudan bir etkiye sahiptir çünkü her ikisi de O₂ ile rekabet halindedir.

Kan gazı cihazlarında önemli hususlar

- Geleneksel bir kan gazı cihazının çalışması, operatörün numune probuna bir kan örneği sunmasıyla başlar. **Pıhtı tutucular ve filtreler**
- Numune, hazneyi 60 - 150 mL numune ile yükleyen bir peristaltik pompa tarafından probdan alınır. **Numune hacmi**
- Numune **sonuç verme süresi**. Saatlik hız
- Ölçüm tamamlandığında, pompa numuneyi atık haline getirir.
- Elektrotlar uzun süreler boyunca stabil olmadığından, pH, PCO₂ ve **PO₂'nin sık sık kalibre edilmesi gerekir**. Otomatik kalibrasyon özelliği (tek nokta-iki nokta)
- kalibrasyon sırasında barometrik basınç P(Amb)'nin mikroişlemci tarafından her zaman bilinmesi için bir barometre içerir. **Rakım bölgesinin önemi ve barometrenin doğruluğu**
- Cihazın **hangi parametreleri çalışacağı - ölçülen ve hesaplanan parametrelerin tanımı**. Magnezyum rekabet kısıtlayıcı bir parametre.
- **Cihazın tipi seçimi** Tek kullanımlık elektrotlar kullanan birkaç el tipi cihaz da mevcuttur. Kartuşlu sistemler- sıvı sistemler. El tip cihazlarda biosensörlü çip reaktifleri her hasta için bir kartuş , kartuşlu sistemler kartuş içeriği kit miktarı ve kartuş ömrü – kartuşlu sistem için aylık test sayısı <750 test/ay tüketim

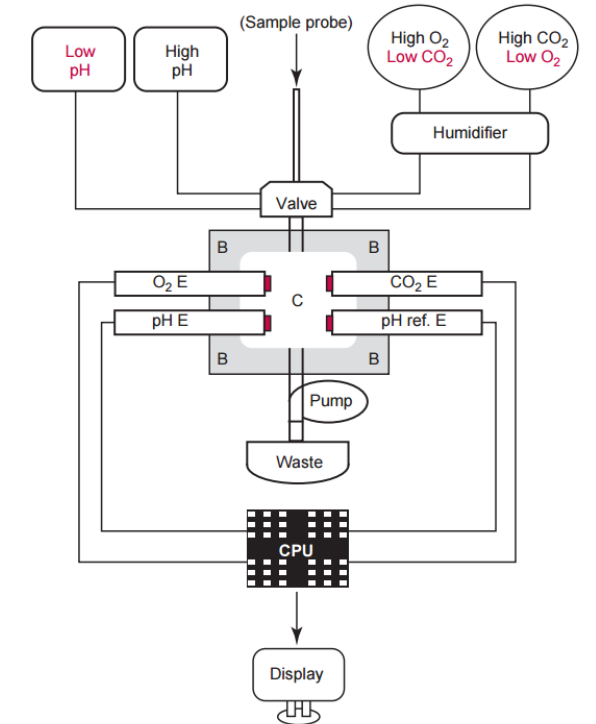


FIGURE 37.4 Diagram of blood gas instrumentation. E (electrodes), pH, and gas standards are shown at the top of the diagram. B. Constant temperature bath at 37 °C. C. chamber; CPU, com-

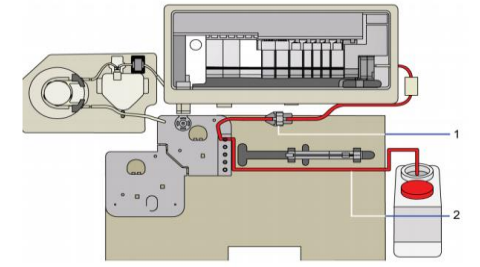
Kan gazı cihazlarında önemli hususlar

- Şırınga içi hava kabarcığı istenmemektedir. Kan katı maddesi oranı önemlidir.
- Cihaza verilmeden önce karıştırılarak homojen hale getirilmelidir.
- Şırınga içinde hava var ise onun o esnada boşaltılması daha anlamlıdır.
- Anaerobik toplama tekniği, kanın atmosferik havaya maruz kalmaması anlamına gelir.
- Havanın PCO_2 'si yaklaşık 0,25 mm Hg'dir; bu, kanınkinden (~40 mm Hg) çok daha azdır. Bu nedenle, havaya maruz kalan kanın CO_2 içeriği ve PCO_2 'si azalacak ve PCO_2 'nin bir fonksiyonu olan kan pH'ı yükselecektir.
- Atmosferik havanın PO_2 'si (~155 mm Hg), arteriyel kandan yaklaşık 60 mm Hg ve venöz kandan yaklaşık 100 mm Hg daha yüksektir.

Kan gazı cihazlarında önemli hususlar

- Numunelerin taşınması ve analizi derhal yapılmalıdır.
- Taze alınan kanın pH'ı, 37 °C'de 0,04 ila 0,08 pH birimi/saat, 22 °C'de 0,02 ila 0,03 pH birim/saat ve 4 °C'de 0,01 pH birim/saatten daha az bir oranda dururken azalır.
- pH'daki düşüğe, glikozda karşılık gelen bir düşüş ve laktatta eşdeğer bir artış eşlik eder.
- PCO₂, 37 °C'de yaklaşık 5 mm Hg/saat, 22 °C'de 1 mm Hg/saat ve 2 °C ila 4 °C'de yalnızca yaklaşık 0,5 mm Hg/saat artar. (Bu değişikliklerin birincil nedeni lökositler, trombositler ve retikülositler tarafından gerçekleştirilen glikolizdir.)
- Anaerobik olarak korunan normal PO₂'li taze kanda, hücre solunumu PO₂'nin oda sıcaklığında yaklaşık 2 mm Hg/saat ve 37 °C'de 5 ila 10 mm Hg/saat oranında azalmasına neden olur.
- Analiz 30 dakikadan daha uzun süre geciktirilecekse, analiz yapılana kadar şırınga buz ve su karışımına daldırılmalıdır. Bu koşullar altında, glikoliz inhibe edildiği için değişiklikler ihmal edilebilir.
- Ancak, PO₂ veya oksijen satürasyonu ölçülürse 15 dakikaya kadar ve diğer analitler için 30 dakikaya kadar gecikmiş analiz, çoğu numuneden bildirilen değerler üzerinde minimum etkiye sahip olacaktır.

Kan gazı cihazlarında önemli hususlar



1 Ölçüm modülünden reaktif manifolduna giden yol
2 Reaktif manifoldundan atık şişesine giden yol

- Cihazın mikroişlemcisinin yazılım programları genellikle operatörü uyaran ve sorun gidermede yardımcı olan ekran uyarıları ve teşhis rutinleri sağlar.
- Her kan örneği ölçümünden sonra numune haznesini ve yolunu temizlemek için otomatik yıkama, tek kullanımlık elektrotları olmayan çoğu cihazın bir özelliğidir.
- Ekipmanın titiz bir bakım prosedürü numune haznesinin ve yolunun temizliği özellikle önemlidir.
- Ancak uygun şekilde yıkanmasına rağmen, haznenin veya yolun veya her ikisinin de tamamen veya kısmen tıkanması olabilir. Kirililik(fibrin plakları küçük pıhtılar) tamponlar veya gazların elektrot membranlarıyla temasını engelleyerek sonraki ölçümleri veya kalibrasyonları etkileyebilirler.
- Isı emiciden **geçen yolun görünürlüğü**, tıkanıklıkları, kiri ve kabarcıkları tespit etmek için faydalıdır.
- Giderilemeyen kabarcıklar, bir elektrota yerleşirlerse analitik hataya sebep olabilir.
- Elektrotların membrane geçirgenliği ve dayanıklılığı

Kan gazı cihazlarında önemli hususlar

- Analizdeki gecikmeler beklemeler WBC sayısı normal veya yalnızca hafifçe yüksek olduğunda doğrudur.
- WBC değerleri 100.000/mL'den fazla olduğunda PO₂'nin 2 dakikada 20 mmHg ve yalnızca 5 dakikada 40 mmHg azaldığını göstermiştir.
- Örnek buza daldırıldıktan sonra bile termal denge birkaç dakika sürer ve içerik 4 °C'ye ulaşmadan önce önemli PO₂ kaybına izin verir.
- Bu tür hastalarda doğru kan gazı değerleri elde etmenin tek alternatifi, bakım noktasında gerçekleştirilen acil analizdir.

Kan gazı cihazlarında önemli hususlar

- ISE kullanımında gözlemlenen hatalar
- Seçicilik eksikliğinden kaynaklanan hatalardır.
- İyon duyarlı membranların tekrarlanan protein kaplaması veya membranın veya tuz köprüsünün seçilen iyonla rekabet eden veya reaksiyona giren ve böylece elektrot tepkisini değiştiren iyonlar tarafından kirlenmesi nedeniyle ortaya çıkan hatalardır.
 - ISE ölçümlerindeki bu tür hatalar, rutin bakımın bir parçası olarak membranın periyodik olarak değiştirilmesini gerektirir.

Kan gazı cihazlarında önemli hususlar

- Hastanın sıcaklığı 37 °C olmadığında, hipotermi gibi durumlarda, 37 °C'de belirlenen kan gazı değerlerinin hastadaki kan gazı kısmi basınçlarının bir tahminini elde etmek için gerçek vücut sıcaklığına göre düzeltilmesi gerekebileceği anlamına gelir.
- F_1O_2 (verilen oksijen oranı ve hızı) cihaza girilebilmeli.

Ücretlendirme

- 901920 - Kan gazları Tüm parametreler dahil
- 901990 - Karboksihemoglobin
- 902250 — Laktat

• **Alış fiyatı > SUT**

Test isimleri

Arteriel kan gazları

Arteriel kan gazları+ Karboksi hemoglobin

Venöz kan gazları ± ?

Arteriel kan gazları+ Karboksi hemoglobin + **Laktat**

Arteriel kan gazları+ Karboksi hemoglobin + Laktat+ **Glukoz + ?**

Kapiller kan gazları ?



TESEKKÜRLER

Kan Gazları ve Klinik Laboratuvarlar Sempozyumu - ODTÜ
Vişnelik, Ankara 06.11.2024