

302112

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA  
"DR. IGNACIO CHAVEZ"

---

ESCUELA DE ENFERMERIA



MANUAL DE VALORACION DE GASOMETRIA ARTERIAL  
PARA ENFERMERAS EN LA UNIDAD DE TERAPIA  
POSTQUIRURGICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
CARDIOLOGIA.

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADA EN ENFERMERIA Y OBSTETRICIA  
P R E S E N T A :  
V E R O N I C A C H A V E Z A V I L A

ASESORA: LIC. ENF. LETICIA GARDUÑO RONQUILLO.

MEXICO, D. F.

JUNIO 2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ASESORA**

**LIC. ENF. LETICIA GARDUÑO RONQUILLO**

**SEDE**

**INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA**

**"IGNACIO CHAVEZ"**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por brindarme salud, felicidad y fortaleza en los momentos difíciles de la vida.

### **A MIS PADRES**

*Lina Avila Perez y Abel Clúvez Navarrete*

Por darme la vida, su apoyo incondicional y amor para ser mejor cada día y superarme constantemente.

### **A MIS HERMANOS**

*Jose Luis,Orquidea,Fernando Abel,Cesar,Javier,Miguel y Marisol*

Por su confianza y contribuir en mi superación compartiendo alegrías .

### **A ROBERTO**

Por su paciencia, amor y mantener seguridad en mí para lograr mis objetivos profesionales.TE AMO.

### **A LA LIC.ENF.ANGELA SORIA TALAMANTES**

Por todos sus consejos y ser una guía para lograr una mejor formación espiritual y profesional.

### **A LA LIC.ENF.LETICIA GARDUÑO RONQUILLO**

Por su amistad, paciencia y apoyo incondicional en todo momento .

### **A TODOS MIS PROFESORES**

Por sus enseñanzas y su dedicación en transmitir conocimientos.

### **A TODAS MIS AMIGAS Y COMPAÑERAS**

*Nelyda* por su infinita amistad y compartir alegrías y tristezas.

*Especialmente a Elvia por la colaboración en este trabajo.*

## **INDICE**

I. <i>Introducción</i> .....	1
II. <i>Objetivos</i> .....	2
2.1 <i>Objetivo General</i> .....	2
2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	2
III. <i>Justificación</i> .....	3
IV. <i>Fundamentos Teóricos</i> .....	4
4.1 <i>Cuidados de enfermería</i> .....	4
4.2 <i>Antecedentes</i> .....	4
V. <i>Metodología</i> .....	16
VI. <i>Desarrollo</i> .....	17
VII. <i>Conclusión</i> .....	44
VIII. <i>Anexos</i> .....	45
<i>Bibliografía</i> .....	54

## *I.INTRODUCCION*

México es uno de los principales países que ocupa uno de los primeros lugares de enfermedades cardiovasculares que causan incapacidad y muerte en la población, cada vez mayor número de personas están expuestas a este tipo de enfermedades crónico degenerativas. Es por ello que el profesional de enfermería debe estar continuamente actualizado en la atención al paciente que acude a un tercer nivel de atención dentro de la valoración de Enfermería, el paciente en estado crítico que se encuentra en la Terapia de Cuidados Intensivos requiere de cuidados específicos dentro de los cuales destacaremos la valoración de la gasometría arterial por las Enfermeras del servicio, y siendo un procedimiento que permite evaluar el equilibrio ácido base en el organismo, además de conocer las posibles causas que provocan inestabilidad en el paciente y contribuye determinando las acciones para evitar complicaciones y la muerte del individuo.

Es por ello que el procedimiento en sí mismo implica la responsabilidad del personal de Enfermería para actuar concientemente durante la aplicación en el cuidado enfermero en el paciente crítico.

## **II.OBJETIVOS**

### **2.1OBJETIVO GENERAL**

- \*Colaborar con el profesional de Enfermería mediante la utilización del manual para que de manera precisa interprete la gasometría arterial.**

### **2.2OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- \* Conocer los parámetros normales que determinan el grado de estabilidad en el paciente.**
- \* Determinar con exactitud las alteraciones metabólicas que sugiere la interpretación de la gasometría arterial.**
- \* Realizar a partir de la correcta lectura de la gasometría arterial acciones para corregir las alteraciones de los parámetros que esta refleja.**

### **III.JUSTIFICACION**

En el servicio de la Terapia post-quirúrgica del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", el personal de Enfermería es un recurso sumamente importante en la atención al individuo con alteraciones cardiovasculares en estado crítico. De ahí que surge la inquietud en elaborar un manual que ayude de manera objetiva al personal de Enfermería a realizar este procedimiento con fundamentos teóricos .

El valor de las determinaciones de la gasometría arterial depende enteramente de la capacidad de la Enfermera para aplicarlas correctamente en beneficio de la atención del paciente.

Durante la realización del servicio social logre detectar mediante una guía de observación que el personal de Enfermería carece de objetividad y conocimiento para la interpretación de los procedimientos más utilizados en esta área como lo es la gasometría arterial.



## IV.FUNDAMENTOS TEORICOS

### 4.1 CUIDADOS DE ENFERMERIA

Virginia Henderson decía que la única función de la Enfermera es ayudar al individuo enfermo o sano, en la realización de aquellas actividades que contribuyen a la salud o recuperación (o muerte serena) actividades que realizaría por si mismo si tuviera la fuerza, conocimientos o voluntad necesaria.

De acuerdo con la definición de la función propia de la Enfermera, henderon precisa su conceptualización del individuo o persona, objeto de los ciudadanos. Así cada persona se considera como un ser humano único y complejo con componente biológicos, psicológicos, socioculturales y espirituales que tiene 14 necesidades básicas o requisitos que debe satisfacer para mantener su integridad.

En este caso nos enfocaremos precisamente a la *Necesidad de oxigenación*, la gasometría arterial es el resultado final de lo que ocurre en los pulmones además de confirmar la presencia de insuficiencia respiratoria e indica el equilibrio ácido y alcalís.

### 4.2 ANTECEDENTES

La valoración del intercambio gaseoso, que implica tanto al aparato respiratorio como al circulatorio, se basó inicialmente en la búsqueda de la cianosis. Este signo, como es conocido tiene bastantes limitaciones: luz ambiental, cifra de hemoglobina, color racial de piel, perfusión de la zona observada, pero sobre todo depende de la cifra de hemoglobina reducida (DeoxiHb) presente, siendo un signo tardío, como la observación de un campo quirúrgico su tinte rojizo.

Además del intercambio de gases e íntimamente relacionado con el, se encuentra el difícil equilibrio ácido base .El organismo se esfuerza en una lucha y desafío constante contra la acidosis, la defensa del pH, pues cada día se sintetizan de 50 a 100 mEq de ácido, que inundan el espacio extracelular, y este intercambio de gases y equilibrio de ácidos se valoran con la gasometría.

Las bases de la gasometría actual se remontan a los trabajos de Henderson en 1908 y Hasselbalch en 1916. Sorensen en 1909 define el pH (pondus hydrogeni) como el logaritmo con signo negativo de la concentración de iones  $H^+$ , concentración poco manejable que por ser muy escasa. Esta concentración es la constante más importante de nuestra homeostasis, su valor normal es  $40 \times 10^{-9}$  moles, las interconversiones moles-pH, en rangos de éste último de 6,80 a 8. La concentración de  $H^+$  influye en casi todas las reacciones bioquímicas, pudiendo ser curioso señalar por ejemplo, que la alcalosis, sobre todo si es respiratoria, estimula la glicólisis y con ella la producción de ácido láctico, vía fosfofructoquinasa, lo que explica algunas alcalosis con anión gap aumentado hecho que parece paradójico, y que después se comentará.

## **ANATOMIA Y FISILOGIA DEL APARATO RESPIRATORIO**

Como todos conocemos, la función principal del Aparato Respiratorio es la de aportar al organismo el suficiente oxígeno necesario para el metabolismo celular, así como eliminar el dióxido de carbono producido como consecuencia de ese mismo metabolismo.

El Aparato Respiratorio pone a disposición de la circulación pulmonar el oxígeno procedente de la atmósfera, y es el Aparato Circulatorio el que se encarga de su transporte (la mayor parte unido a la hemoglobina y una pequeña parte disuelto en el plasma) a todos los tejidos donde lo cede, recogiendo el dióxido de carbono para transportarlo a los pulmones donde éstos se encargarán de su expulsión al exterior.

Para que se pueda llevar a cabo esta misión, se han de cumplir unos requisitos que se van a estudiar separadamente:

Recordemos que el  $O_2$  pasa de los alvéolos a los capilares pulmonares, y que el  $CO_2$  se traslada en sentido opuesto simplemente mediante el fenómeno físico de la difusión. El gas se dirige desde la región donde se encuentra más concentrado a otra de concentración más baja. Cuando la presión del  $O_2$  en los alvéolos desciende hasta cierto valor, la sangre no podrá enriquecerse lo bastante de  $O_2$  como para satisfacer las necesidades del organismo, y con ello la demanda de  $O_2$  por cerebro no estará suficientemente cubierta, con lo que aparece el llamado "Mal de montaña", con estados nauseosos, cefalalgia e ideas delirantes.

A los 11.000 metros de altura la presión del aire es tan baja que aun si se respirase oxígeno puro, no se podría obtener la suficiente presión de oxígeno y por tanto disminuiría el aporte del mismo a los capilares de forma tal que sería insuficiente para las demandas del organismo.

Es por esta causa que los aviones que se elevan sobre los 11.000 metros, van provistos de dispositivos que impulsan el aire al interior de la cabina de forma que se alcance una presión equivalente a la del nivel del mar, o sea 760 mm Hg., y es por esta misma causa que los enfermos respiratorios no deben vivir en lugares montañosos, donde está disminuida la presión atmosférica.

## **CENTROS RESPIRATORIOS**

Los Centros Respiratorios están situados en el Sistema Nervioso Central, a nivel del Bulbo y Protuberancia y son los que de forma cíclica ordenan y regulan la inspiración y la espiración ( ciclo respiratorio).

Para que la respiración sea la adecuada, no solo han de ser normofuncionante los Centros Respiratorios, se tiene que acompañar de una función normal a nivel del esqueleto costal y vertebral y de los músculos que intervienen en la respiración, los cuales son conveniente de recordar:

MUSCULOS INSPIRATORIOS	MUSCULOS ESPIRATORIOS
* Diafragma	* Abdominales
* Intercostales externos	* Intercostales internos
* Esternocleidomastoidéo	

## **VENTILACIÓN PULMONAR**

Se denomina Ventilación pulmonar a la cantidad de aire que entra o sale del pulmón cada minuto. Si conocemos la cantidad de aire que entra en el pulmón en cada respiración (a esto se le denomina Volumen Corriente) y lo multiplicamos por la frecuencia respiratoria, tendremos el volumen / minuto.

Volumen minuto = Volumen corriente. Frecuencia respiratoria

El aire entra en el pulmón durante la inspiración, y esto es posible porque se crea dentro de los alvéolos una presión inferior a la presión barométrica, y el aire como gas que es, se desplaza de las zonas de mayor presión hacia las zonas de menor presión. Durante la espiración, el aire sale del pulmón porque se crea en este caso una presión superior a la atmosférica gracias a la elasticidad pulmonar. De todo el aire que entra en los pulmones en cada respiración, solo una parte llega a los alvéolos. Si consideramos un Volumen Corriente (Vc) de 500 cc. en una persona sana, aproximadamente 350 ml. llegarán a los alvéolos y 150 ml. se quedarán ocupando las vías aéreas.

Al aire que llega a los alvéolos se le denomina **VENTILACION ALVEOLAR**, y es el que realmente toma parte en el intercambio gaseoso entre los capilares y los alvéolos. Al aire que se queda en las vías aéreas, se le denomina **VENTILACION DEL ESPACIO MUERTO**, nombre que le viene al no tomar parte en el intercambio gaseoso. A la ventilación alveolar también se denomina ventilación eficaz.

Una vez que hemos recordado los conceptos de presión, vamos a ver como la presión de oxígeno va descendiendo desde la atmósfera hasta que llega a los alvéolos.

Aplicando la fórmula que ya conocemos, con una  $PB = 760$  mm Hg, y una  $FO_2$  (Fracción de oxígeno) del 20,9 %, tenemos una  $PO_2$  atmosférico de 152 mm Hg. Sin embargo cuando el aire penetra en las vías aéreas, se satura de vapor de agua que se desprende constantemente de las mucosas de las vías aéreas. A una temperatura corporal de  $37^\circ C$ , este vapor de agua nuevo gas que tiene una presión constante de 47 mm Hg.

Como la presión dentro de las vías aéreas una vez que cesa el momento inspiratorio es igual a la presión barométrica, la adición de este nuevo gas hace descender proporcionalmente las presiones parciales de los otros gases ( oxígeno y nitrógeno. La fórmula para hallar la presión del oxígeno en las vías aéreas será la siguiente:

$$PIO_2 = (PB - P \text{ vapor de agua} \cdot FIO_2)$$

$$PIO_2 = (760 \text{ mm Hg} - 47 \text{ mm Hg}) \cdot 0,209$$

$$PIO_2 = 149 \text{ mm Hg}$$

$$PIO_2 = \text{Presión inspirada de } O_2$$

$$FIO_2 = \text{Fracción inspirada de } O_2$$

## **DIFUSIÓN ALVEOLO-CAPILAR**

En los alvéolos nos vamos a encontrar con un nuevo gas que constantemente va pasando desde los capilares al interior de los alvéolos. Este gas es el  $CO_2$  (dióxido de carbono). Este  $CO_2$  en condiciones normales se encuentra dentro de los alvéolos a una presión de 40 mm Hg, o lo que es igual, se encuentra en los alvéolos en una proporción del 5,6 % ( de cada 100 ml. de aire alveolar, 5,6 ml. es  $CO_2$ ). Como del total de  $O_2$  que llega a los alvéolos (20,9% del aire atmosférico), el 5,6% pasa directamente a los capilares, es decir prácticamente la misma cantidad que de  $CO_2$  pasa de los capilares hacia los alvéolos, lo que se produce es un intercambio gaseoso entre el oxígeno y el dióxido de carbono. Por consiguiente la presión alveolar de  $O_2$  será igual a la presión que tenía el  $O_2$  en vías aéreas menos la presión alveolar del  $CO_2$ .

$$PAO_2 = PIO_2 - PACO_2 = 149 \text{ mm Hg} - 40 \text{ mm Hg} = 109 \text{ mm Hg}$$

En resumen, la presión total de los gases dentro de los alvéolos al final de la inspiración continúa siendo igual a la presión atmosférica, es decir :

$$P \text{ Alveolar} = P \text{ Atmosférica} = PO_2 + P \text{ Vapor de } H_2O + PCO_2 + PN_2 \text{ Alveolar} \\ = 760 \text{ mm Hg} = 109 \text{ mmHg} + 47 \text{ mmHg} + 40 \text{ mmHg} + 564 \text{ mmHg}$$

## *PERFUSIÓN PULMONAR*

Se denomina así al riego sanguíneo pulmonar. La circulación pulmonar se inicia en el **VENTRICULO DERECHO**, donde nace la Arteria Pulmonar. Esta arteria se divide en dos ramas pulmonares, cada una de ellas se dirige hacia un pulmón. Estas ramas pulmonares se van dividiendo a su vez en ramas más pequeñas para formar finalmente el lecho capilar que rodea a los alvéolos, siendo éste en su comienzo arterial y luego venoso. Del lecho venoso parte la circulación venosa que termina en las cuatro venas pulmonares, las cuales desembocan en la Aurícula Izquierda

PO<sub>2</sub> 40mm Hg PCO<sub>2</sub> 45 mm Hg

A continuación veremos la presión en que se encuentran el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> en la sangre en los distintos compartimentos:

## *SISTEMA VENOSO*

PO<sub>2</sub> 109 mm Hg PCO<sub>2</sub> 40 mm Hg

Cuando esta sangre se pone en contacto con el alvéolo, como en éste las presiones de oxígeno son más elevadas ( PAO<sub>2</sub> =109 mmHg) el O<sub>2</sub> pasa desde el espacio alveolar al capilar intentando igualar las presiones. Simultáneamente ocurre lo contrario con el CO<sub>2</sub>, siendo la presión mayor en la sangre venosa, tiende a pasar al alveolo para compensar las presiones. Por lo tanto las presiones de la sangre que ya ha pasado por el territorio capilar pulmonar es la siguiente :

## *CAPILAR VENOSO ALVEOLAR*

Como quiera que el Aparato Respiratorio no es totalmente " perfecto ", existe territorios en él en que determinado número de capilares no se pone en contacto con los alvéolos, y esto hace que la sangre pase directamente con las mismas presiones con las que llegó al pulmón hasta el ventrículo izquierdo, y aquí se mezclará toda la sangre, aquella que ha podido ser bien oxigenada y aquella otra que por múltiples razones no se ha enriquecido adecuadamente de O<sub>2</sub>. Entonces, en la gasometría que realizamos a cualquier arteria sistémica, la PO<sub>2</sub> es inferior a la considerada a la salida de la sangre del territorio capilar pulmonar, por ser la media de las presiones de todos los capilares pulmonares, lo que conforma las presiones arteriales sistémicas.

## RELACIÓN VENTILACIÓN-PERFUSIÓN NORMAL

Ya hemos visto la forma en que llega el aire a los pulmones con el fin de que los alvéolos estén bien ventilados pero no basta con esto, es necesario que el parénquima pulmonar disfrute de una buena perfusión para lograr una buena oxigenación de los tejidos.

Así pues es necesario que los alvéolos bien ventilados dispongan de una buena perfusión, y los alvéolos bien perfundidos dispongan de una buena ventilación. A esto se le denomina relación ventilación-perfusión normal.

Un ejemplo bastante gráfico que nos puede aclarar este concepto: Supongamos, que en un paciente toda la ventilación se dirige hacia el pulmón derecho, mientras que la sangre solo pasa por el pulmón izquierdo. Aunque la ventilación y la perfusión fuesen normales, el intercambio gaseoso sería imposible. Este puede ser un ejemplo exagerado, pero en menor grado se da en algunos cuadros pulmonares como pueden ser atelectasias, retención de secreciones, neumonías, etc. (donde existe una mala ventilación) y embolias pulmonares ( mala perfusión ), etc.

Otro ejemplo más común en nuestro medio sería el siguiente: Tenemos un paciente con un problema tal que la ventilación del hemitorax izquierdo está comprometida (importante zona atelectásica, un tumor, etc. ), cuando le damos un cambio postural y le colocamos en decúbito lateral izquierdo detectamos que el paciente se desadapta al ventilador, que disminuye la saturación de oxígeno, etc. ¿ Qué ha pasado?. Un paciente en decúbito lateral, la sangre venosa que se dirige a los pulmones a través de la arteria pulmonar no se distribuye uniformemente, por el contrario el pulmón que se encuentra por debajo de la silueta cardiaca va a recibir más volumen de sangre que el pulmón que se encuentra por encima del corazón (esto se lo debemos simplemente a la gravedad), así pues el pulmón izquierdo del paciente en el ejemplo, va a recibir mayor volumen sanguíneo que el pulmón derecho, por el contrario el pulmón derecho (que se encontrará mejor ventilado), va a recibir menor aporte sanguíneo, por lo tanto este paciente no gozará de una buena relación ventilación/perfusión.

Los trastornos en la relación ventilación-perfusión son la causa más frecuente de las hipoxemias ( disminución )de la PO<sub>2</sub> en la sangre arterial .

## DIFUSIÓN PULMONAR

Se denomina de tal forma al paso de gases a través de la membrana alveolo-capilar desde las zonas de mayor concentración de gases a la de menor.

En condiciones normales, esta membrana es tan delgada que no es obstáculo para el intercambio, los glóbulos rojos a su paso por la zona del capilar en contacto con el alvéolo, lo hacen de uno en uno debido a la extrema delgadez del capilar, y antes que haya sobrepasado el primer tercio de este territorio, ya se ha realizado perfectamente el intercambio gaseoso, pero en algunas enfermedades pulmonares como el SDRA, EAP, etc. esta membrana se altera y dificulta el paso de gases, por tanto los trastornos de la difusión son otra causa de hipoxemias.

También sería interesante repasar algunos conceptos como:

## TRANSPORTE DE OXIGENO

Hasta ahora hemos recordado los caminos que recorre el O<sub>2</sub> para llegar desde el aire atmosférico hasta los capilares pulmonares. Pues bien ya en la sangre, el oxígeno en su mayor parte va unido a la Hemoglobina y una parte mínima va disuelto en el plasma sanguíneo. Por esta razón la cantidad de hemoglobina es un factor muy importante a tener en cuenta para saber si el enfermo está recibiendo una cantidad de oxígeno suficiente para su metabolismo tisular.

Por este motivo, un paciente puede tener una gasometría normal, pero si presenta una anemia importante (disminuye el número de transportadores del O<sub>2</sub>), la cantidad de O<sub>2</sub> que reciben sus tejidos no es suficiente. Otro factor a tener en cuenta es la función cardíaca. Si existe una insuficiencia cardíaca, la corriente sanguínea se va a tornar lenta, se formarán zonas edematosas y con ello el oxígeno que llegará a los tejidos será posiblemente insuficiente para el adecuado metabolismo tisular.

En resumen, para que el oxígeno llegue en cantidad suficiente a los tejidos, se tienen que dar tres condiciones indispensables:

- a) Normal funcionamiento pulmonar
- b) Cantidad normal de hemoglobina en la sangre
- c) Normal funcionamiento del corazón y circulación vascular

Cualquier alteración en una de estas condiciones, va a poner en marcha un intento de compensación por parte de las demás, así una disminución de la hemoglobina se intentará compensar con un aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, etc. Existen otras muchas causas que dificultan un transporte adecuado de oxígeno, pero las citadas anteriormente son las más importantes.

El sistema respiratorio se puede considerar dividido en tres grandes apartados:

## **VIA AEREA DE CONDUCCION**

Su función principal es dirigir y preparar el aire antes de que este llegue a los alveolos. Por eso calienta el aire inspirado, lo humedece, lo satura de vapor de agua y lo filtra de partículas extrañas. Podemos distinguir una vía aérea superior o alta, que estará compuesta por nariz, faringe y laringe, y una vía aérea inferior o baja compuesta por la traquea y bronquios, ambas se ven separadas por el cartilago cricoides.

A su vez el árbol bronquial se ramifica en:

- \* Bronquios (generaciones 1,2,3), con cartilago en sus paredes.
- \* Bronquios (generaciones 4 a 15).
- \* Bronquiolo terminal (generación 16), considero la parte más pequeña de la vía sin alvéolos.

Estas divisiones constituyen el espacio muerto anatómico, con un volumen de gas de aproximadamente 150 mililitros.

La mucosa se encuentra tapizada por un epitelio con células secretoras de moco..

El músculo liso tiene una rica inervación vegetativa que regula el tono y el calibre de la luz bronquial.

## **UNIDADES DE INTERCAMBIO GASEOSO**

La unidad respiratoria pulmonar o acino se define como la zona de pulmón que depende de un bronquiolo terminal. De aquí que nos encontremos:

- \* Bronquiolos respiratorios (generaciones 17, 18, 19).
- \* Conductos alveolares (generaciones 20,21,22).
- \* Sacos alveolares (generación 23), que acaban en unos 10 - 16 alvéolos, en los cuales se realiza la transferencia de gases.

En esta zona es donde está la mayor cantidad del volumen pulmonar, aproximadamente 2500- 3000 ml.

Entre los alvéolos existe un tejido conjuntivo, que se denomina intersticio alveolar y en el que se encuentran los capilares, formando un entramado que envuelve a los alveolos. El intercambio de los gases se realiza a través del epitelio alveolar y el endotelio capilar.



Existen en la pared alveolar unas células llamadas neumocitos, de dos tipos: escamosas y granulares: son las encargadas de producir el surfactante que es el agente tensioactivo, formado por fosfolípidos que forman una película por todo el alveolo y que disminuye la tensión de la superficie a medida que el volumen alveolar disminuye en la espiración protegiendo así contra el colapso.

## **IRRIGACION SANGUINEA**

El pulmón recibe un doble aporte sanguíneo, por un lado recibe sangre del circuito menor por las arterias pulmonares (con sangre venosa), y por otra parte sangre del circuito mayor o sistémico mediante las arterias bronquiales (con sangre arterial) que nacen de la porción proximal de la aorta torácica o de las intercostales superiores. Las venas bronquiales desembocan en la vena álgica y en aurícula derecha, y en menor proporción en las venas pulmonares.

## **PRESIONES NORMALES DE OXIGENO EN EL AIRE ATMOSFÉRICO**

La presión atmosférica, también denominada presión barométrica (PB), oscila alrededor de 760 mm Hg a nivel del mar. El aire atmosférico se compone de una mezcla de gases, los más importantes el Oxígeno y el Nitrógeno.

Si sumamos las presiones parciales de todos los gases que forman el aire, obtendríamos la presión barométrica, es decir:

$$PB = PO_2 + PN_2 + P \text{ otros gases}$$

Si conocemos la concentración de un gas en el aire atmosférico, podemos conocer fácilmente a la presión en que se encuentra dicho gas en el aire. Como ejemplo vamos a suponer que la concentración de Oxígeno es del 21%.

$$\text{La Fracción de } O_2 (FO_2) = 21\% = 21/100 = 0,21$$

(por cada unidad de aire, 0,21 parte corresponde al  $O_2$ )

POR LO TANTO:

$$PO_2 = PB \cdot FO_2 \quad PO_2 = 760 \text{ mm Hg} \cdot 0,21 = 159,6 \text{ mm Hg}$$

Si el resto del aire fuese Nitrógeno ( $N_2$ ), la fracción de este gas representaría el 79%. Así tendríamos:

$$PN_2 = PB \cdot FN_2$$

$$PN_2 = 760 \text{ mm Hg} \cdot 0,79 = 600,4 \text{ mm Hg}$$

Si tenemos en cuenta que el aire atmosférico está formado cuantitativamente por Oxígeno y Nitrógeno (el resto en proporciones tan pequeñas que al estudio que nos ocupa, lo despreciamos)

$$PO_2 + PN_2 = PB$$

$$159,6 \text{ mm Hg} + 600,4 \text{ mm Hg} = 760 \text{ mm Hg}$$

Conforme nos elevamos del nivel del mar (por ejemplo la subida a una montaña), la presión barométrica va disminuyendo, y consecuentemente la presión de los diferentes gases que conforman el aire, entre ellos el O<sub>2</sub>.

## ***CIANOSIS CENTRAL Y CIANOSIS PERIFÉRICA***

Es importante, diferenciar claramente los conceptos de cianosis central y cianosis periférica, porque diferentes son también las importantes decisiones terapéuticas, especialmente en los enfermos bajo V.M.

Cianosis (del griego Kyanos = Azul) es la coloración azul de la mucosa y la piel, como consecuencia de un aumento de la hemoglobina reducida (no se encuentra combinada con el O<sub>2</sub>) por encima del valor absoluto de 5 gr. por 100 ml, o lo que es lo mismo, cuando la cantidad de hemoglobina que transporta oxígeno ha disminuido considerablemente.

En el caso de la llamada ***CIANOSIS CENTRAL***, la disminución del oxígeno que transporta la hemoglobina, se debe a enfermedad pulmonar o anomalías congénitas cardíacas (shunt anatómico, etc).

En el caso de ***CIANOSIS PERIFÉRICA***, la hemoglobina se satura normalmente en el pulmón, pero la corriente circulatoria en la periferia es muy lenta o escasa, y suele ser secundaria a fenómenos locales como vasoconstricción por frío, oclusión arterial o venosa, disminución del gasto cardíaco, shock, etc.

En la ***CIANOSIS CENTRAL***, las extremidades suelen estar calientes y tienen buen pulso. Tanto una como otra se observa mejor en las zonas distales del cuerpo (pies, manos, labios, pabellones auriculares, etc.), su significado es totalmente distinto y su confusión un grave error.

En la ***CIANOSIS PERIFÉRICA***, las extremidades suelen estar frías y el pulso imperceptible o filiforme.

## *HIPOVENTILACIÓN e HIPERVENTILACIÓN*

Estos son conceptos que deben quedar claros. Son conceptos gasométricos y no clínicos.

La hipo ventilación equivale a una ventilación pulmonar pobre, de forma tal que no se puede eliminar el suficiente CO<sub>2</sub>, lo cual conlleva a una acumulación del mismo y se traduce en una gasometría arterial donde la PCO<sub>2</sub> está por encima de 45 mmHg.

Hablamos de hiperventilación cuando la ventilación pulmonar es excesiva, de manera que se eliminan enormes cantidades de CO<sub>2</sub>, traducido gasométricamente en una disminución de la PCO<sub>2</sub> arterial por debajo de 35 mmHg.

Por lo tanto solo hablaremos de hiperventilación ó hipoventilación cuando obtengamos los resultados de la PCO<sub>2</sub> mediante una gasometría arterial, o la PET CO<sub>2</sub> (Presión Espiratoria Total del CO<sub>2</sub>), que mediante el capnógrafo, podemos obtener de forma incruenta en pacientes sometidos a la VM.

La taquipnea y la bradipnea son síntomas clínicos que con frecuencia se asocian a la hipo ventilación e hiperventilación, pero no siempre es así.

## EQUILIBRIO ACIDO-BASE.

La principal función del sistema cardiorrespiratorio, como hemos visto, es suministrar a cada célula del organismo un flujo de sangre en cantidad y calidad apropiadas para que se puedan vivir en condiciones ideales. Esto se logra proporcionando materiales esenciales y retirando los productos nocivos, uno de los principales es el CO<sub>2</sub>, que es transportado por la sangre venosa y eliminado su exceso a través de los pulmones.

El CO<sub>2</sub> al unirse con el agua forma el ácido carbónico, según la fórmula:  
CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ACIDO CARBONICO.

Los dos órganos capaces de eliminar ácidos que en exceso son nocivos para el organismo, son el pulmón, que elimina ácidos volátiles como el CO<sub>2</sub> del ácido carbónico, y el riñón que se encarga de eliminar ácidos no volátiles. Cuantitativamente el pulmón es el que mayor importancia tiene, puesto que puede llegar a eliminar hasta 13.000 mEq/día, mientras que el riñón sólo alcanza a eliminar de 40 a 80 mEq/día.

El pH se puede definir como el resultado de la relación existente en un líquido entre la concentraciones de ácidos y de bases o álcalis que se encuentran en el mismo. En un intento de simplificar este concepto podemos representar un quebrado en el que el numerador se representen las bases o álcalis cuyo principal exponente es el bicarbonato (HCO<sub>3</sub>), y en el denominador se representen los ácidos como CO<sub>2</sub>. El resultado de esta división se denomina pH, siendo su valor normal en sangre de 7.35-7.45.

$HCO_3 / CO_2 = pH = 7.35-7.45.$

Luego, el organismo tenderá a conservar este equilibrio, eliminando la cantidad necesaria de ácidos o bases para que el resultado de esta relación sea normal y constante. Si resumimos más esto podemos cambiar los numeradores y denominadores de la anterior ecuación por los principales órganos encargados de su eliminación, en cuyo caso nos queda:

$RINON / PULMON = pH = 7.35-7.45.$

Si el pH aumenta por encima de 7.45 se dice que es un pH alcalino y el enfermo presenta una alcalosis. Si por el contrario disminuye por debajo de 7.35 se dice que es un pH ácido y el paciente presenta una acidosis.

Si la alteración es debida al numerador se la denomina acidosis o alcalosis metabólica, cuando estos cambios sean causa del denominador la llamaremos respiratoria.

## **V.METODOLOGIA**

### **5.1UNIVERSO**

Personal de Enfermería de la terapia post-quirúrgica del INC.

### **5.2LUGAR**

5° Piso del INC.

### **5.3ESPACIO**

Durante el período del 25 de octubre de 30 de junio.Se elaboro una guía de observación para determinar las condiciones generales en que las enfermeras interpretan la gasometría arterial.

Se consulto el manual administrativo del servicio de Terapia post-quirúrgica donde establece la responsabilidad de la valoración del personal de Enfermería.

Se diseño un manual que tiene como objeto el colaborar con el personal de Enfermería para valorar la gasometría arterial.

## **VI.DESARROLLO**

### **LINEAMIENTOS PARA OBTENER UNA MUESTRA DE GASES SANGUINEOS**

Es básico para el entendimiento de los gases arteriales saber la manera correcta para obtener y preparar la muestra.

Tipo de muestra: Sangre arterial.

Criterios para el sitio de obtención de la muestra: El procedimiento debe ser explicado previamente al paciente. La técnica es aséptica mas no estéril, es decir debe limpiarse adecuadamente el sitio de la punción con una sustancia antiséptica (Alcohol).

Calibre de la aguja y tipo de jeringa: Se sugiere una aguja de calibre 20 ó 21, aunque se puede usar cualquier calibre sin que se altere la exactitud de la muestra. Las agujas con un calibre inferior al 22 requieren presiones arteriales mayores para que la sangre pulse a través de la aguja hacia la jeringa.

El ángulo entre la arteria y la aguja debe ser lo menor posible para que el orificio en la pared de la arteria sea oblicuo, de este modo las fibras circulares del músculo liso lo cierran al retirar la aguja. Con la jeringa apenas impregnada de Heparina es suficiente una muestra de 1 cc de sangre arterial.

#### **CRITERIOS PARA EL SITIO DE PUNCION ARTERIAL:**

La muestra se puede obtener de cualquier arteria de grueso o mediano calibre. Se prefieren las arterias más fáciles de palpar y de estabilizar digitalmente, y mejor aún cuando más superficial están. Con base a todas estas consideraciones se prefieren para la obtención de la muestra las arterias Radial, Pedía, Humeral y Femoral.

## **COMPLICACIONES DE LA PUNCION ARTERIAL**

La punción arterial puede ocasionar espasmo, coagulación intraluminal o hemorragia con formación de un coágulo perivascular y hematoma. Cualquiera de estos factores puede interrumpir o reducir el aporte sanguíneo a los tejidos del respectivo territorio vascular, por tanto es importante elegir un sitio de punción rico en circulación colateral por si esto llega a ocurrir.

Los músculos, tendones y grasa son menos sensibles al dolor, en tanto que los nervios y el periostio son muy sensibles. Así las arterias rodeadas de tejidos comparativamente insensibles son mejores por que la punción duele menos.

Se prefieren igualmente las arterias que no tienen venas satélites para reducir la probabilidad de punzar accidentalmente una vena y que la muestra obtenida salga mezclada con sangre venosa.

## **PREPARACION DE LA MUESTRA:**

Se pueden obtener muestras con jeringas de plástico o de vidrio.

Con las jeringas de plástico no se alteran el pH ni la PCO<sub>2</sub>, mientras que la PO<sub>2</sub> de las muestras que contienen más de 400 mmHg de tensión declinan con mayor rapidez en las jeringas de plástico que en las de vidrio, aunque esto no tiene importancia clínica.

Con las jeringas de vidrio el rozamiento entre el émbolo y el cilindro de la misma es mínimo y se reconoce bien la presión arterial pulsátil a medida que la jeringa se llena. Raras veces hace falta traccionar el émbolo, maniobra que puede permitir la entrada de burbujas de aire al rededor del émbolo.

La Heparina es el anticoagulante de elección, aunque el exceso de Heparina altera la determinación del pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub> y también de la Hemoglobina. 0.1 ml de Heparina anticoagulan bien 1 ml de sangre y no alteran los valores de pH, pCO<sub>2</sub> ni pO<sub>2</sub>.

La muestra deber ser conservada en condiciones de anaerobiosis es decir sin burbujas de aire. Las burbujas de aire se mezclan con la sangre y hacen que el gas se equilibre entre el aire y la sangre. Las burbujas de aire disminuyen la pCO<sub>2</sub> de la muestra y hacen que la pO<sub>2</sub> se acerque a 150 mm Hg.

Las muestras no refrigeradas deben ser procesadas antes de 15 minutos. Las muestras refrigeradas deben ser procesadas antes de una hora para no perder confiabilidad.

## UTILIDAD CLINICA DE LOS GASES ARTERIALES

Los gases arteriales permiten una medición directa de la  $p\text{aO}_2$ ,  $p\text{aCO}_2$  y del pH, indirectamente la máquina calcula el Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), la saturación arterial del oxígeno de la Hemoglobina y el excedente de base.

Estas variables permiten evaluar la integridad del proceso de intercambio gaseoso (Oxigenación), la ventilación, el estado cardiorespiratorio y el balance ácido-base.<sup>1</sup>

Valores normales:

Nivel del mar (760 mmHg)

17pH 7.40  $\text{PaCO}_2$  40-45 mmHg

$\text{PaO}_2$  90-95 mmHg  $\text{HCO}_3$  24 Meq/L

SatO<sub>2</sub> > 94%

1800 Mt/NM(630mmHg)

pH 7.40  $\text{PaCO}_2$  35-38 mmHg

$\text{PaO}_2$  70-75 mmHg  $\text{HCO}_3$  21-22 Meq/L

SatO<sub>2</sub> > 94%

## UTILIDAD DE UNA GASOMETRIA

Dependiendo de la ubicación de los gasómetros (unidades satélites al laboratorio central hospitalario), y de la mentalización del personal en el tremendo valor de unos resultados fiables y rápidos, el valor de una gasometría es una fotografía a veces anticuada de la situación actual de un paciente grave, sobre todo si el resultado llega demorado al médico que espera el resultado para interpretarlo e intentar corregir las alteraciones.

Con la profusión de los pulsioxímetros, mal llamados saturímetros, se ha creado conciencia del valor de la monitorización continua en pacientes sometidos a cambios posturales, aspiración de secreciones, fibrobroncoscopia, etc., debiendo reseñar que un valor perfecto de saturación, no informa al completo como la gasometría, de la oxigenación, ventilación, y sobre todo del pH, siendo durante maniobras de RCP, más ilustrativas a veces las muestras venosas.

---

<sup>1</sup> La comunidad científica medica ha recomendado el uso del Sistema Internacional de Unidades (SI), que exige expresar la presión en kilopascales(kPa) en lugar de milímetros de mercurio (mmHg) El factor de conversión es 0.133



Esta filosofía se está intentando introducir en las unidades de pacientes críticos, gracias al diseño de monitores de gases y pH intravasculares con electrodos miniaturizados de quimioluminiscencia, optados, sensores que lógicamente exigen la cateterización arterial o venosa central según la intención de medida, informando al completo de oxigenación, ventilación y desequilibrios ácido-base en pacientes graves e inestables, en tiempo real.

## EVALUACION DE LA OXIGENACION

### DEFINICIONES

**Hipoxia** : Aporte inadecuado de Oxígeno a los tejidos

Disocia : Disbalance entre el aporte y la demanda de Oxígeno a los tejidos

**Hipoxemia absoluta**:  $PaO_2 < 60$  mmHg

**Hipoxemia relativa**:  $PaO_2$  medida inferior a la esperada para la

$FiO_2$  actual, aún si  $PaO_2 > 60$  mmHg

$FiO_2 \times 5$  (nivel del mar)

### Indices de la Oxigenación :

Para evaluar la oxigenación disponemos de variables e índices a saber:

$PaO_2$

Diferencia Alvéolo-arterial Oxígeno (DA-aO<sub>2</sub>)

Índice de Shunt ( $PaO_2 / FiO_2$ )

Índice arterio-Alveolar de Oxígeno ( $I_a / AO_2$ )

Presión arterial de Oxígeno ( $PaO_2$ )

Esta variable se obtiene directamente de los gases arteriales. Es una medición sencilla y simple que nos informa si el paciente está normoxémico, hipoxémico, si la hipoxemia es absoluta o relativa, dependiendo de la  $FiO_2$  administrada al paciente.

Es normal que la presión arterial de O<sub>2</sub> disminuya con el paso de los años y el envejecimiento.

Relación  $PaO_2$  con la edad:  $PaO_2 = 100 - (0.32 \times \text{edad})$

Este valor es la  $PaO_2$  esperada, corregida para la edad del paciente, respirando aire ambiente y a nivel del mar. De acuerdo con la fracción inspirada de O<sub>2</sub> ( $FiO_2$ ), la  $PaO_2$  esperada es calculada así:

$PaO_2 = FiO_2 \times 5$  (nivel del mar)

Diferencia Alvéolo-arterial del Oxígeno (DA-aO<sub>2</sub>)

Es la diferencia entre la presión parcial de Oxígeno en el alvéolo comparada con la presión de oxígeno arterial.

Normalmente la presión alveolar (PAO<sub>2</sub>) es mayor que la presión arterial de O<sub>2</sub>, gracias a ello el intercambio gaseoso de O<sub>2</sub> se produce desde el alvéolo hacia el capilar pulmonar.

Esta diferencia normalmente es hasta de 30 mm Hg respirando aire ambiente (FIO<sub>2</sub> 21%) pero, con la edad es normal que su valor sea un poco mayor.

El cálculo de éste índice se obtiene de la siguiente manera:

$$DA-aO_2 = PAO_2 - PaO_2$$

$$\text{De donde la } PAO_2 = PB - (PvH_2O) \times FIO_2 - PaCO_2$$

PB : Presión barométrica

PvH<sub>2</sub>O : Presión de vapor de agua que es siempre constante y su valor es de 47 mmHg

FIO<sub>2</sub> : es conocido

PaCO<sub>2</sub> : Lo informa el reporte de los gases arteriales

PaO<sub>2</sub> : Lo informa el reporte de los gases arteriales directamente.

Este índice de oxigenación tiene la desventaja que varía según la FIO<sub>2</sub> que el paciente esté respirando. A mayor FIO<sub>2</sub> mayor es la DA-aO<sub>2</sub> y esta variación no es directamente proporcional, de tal manera que se requiere de una tabla para correlacionar la DA-aO<sub>2</sub> normal para un FIO<sub>2</sub> determinado.

Sin embargo de todas maneras este valor no debe ser superior a 30 mmHg para una FIO<sub>2</sub> de 0.21 o de 150 mmHg para una FIO<sub>2</sub> de 0.5.

## **EL SHUNT O CORTOCIRCUITO**

El término Shunt o cortocircuito se refiere al porcentaje de la sangre que al pasar por los pulmones no se oxigena o que no se recambia con el oxígeno alveolar. Su valor normal es del 5% aproximadamente. En todo caso no debe superar el 10%.

Entre el 10-20% Anomalía intrapulmonar de poca importancia

Entre el 20-29% Anomalía intra pulmonar considerable

Mayor del 30% Pone en peligro la vida, requiere terapia cardiopulmonar agresiva.

Índice arterio-Alveolar (Ia/A)

Este índice se obtiene a partir de la presión arterial de Oxígeno (reportada por los gases arteriales) y de la PAO<sub>2</sub> que se debe calcular por la fórmula siguiente:

$$PAO_2 = PB - (PvH_2O) \times FIO_2 - PaCO_2$$

El valor normal es de 0.70. Este valor se reduce en tanto en cuanto mayor sea el trastorno de oxigenación que presenta el paciente.

Con el análisis de estas variables e índices pueden tener una idea del grado de trastorno de la oxigenación de un determinado paciente. No es un diagnóstico etiológico pero es el punto de partida para éste.

### **INDICE DE SHUNT (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)**

Este es un índice sencillo de obtener y se calcula así:

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

El valor normal es mayor o igual a 280

Si el valor obtenido está entre 200 y 250 hay un Shunt leve.

Si el valor obtenido está entre 100 y 200 hay un Shunt moderado.

Si el valor obtenido es inferior a 100 el Shunt es severo.

Corto-circuito estimado (Q<sub>sp</sub>/Q<sub>T</sub>)

Su valor se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_{sp} / Q_t = CcO_2 - CaO_2 / 3.5 + (CcO_2 - CaO_2)$$

De donde

$$CcO_2 = Hb \times 1.34 + (0.003 \times PAO_2)$$

$$CaO_2 = Hb \times 1.34 \times Sat.aO_2 + (0.003 \times PaO_2)$$

### **DIAGNOSTICO DE LOS TRASTORNOS ACIDO - BASICOS CON GASOMETRIA ARTERIAL**

El grado de acidez o de alcalinidad de una solución depende la concentración de Hidrogeniones que hay en ésta. A mayor concentración de Hidrogeniones mayor grado de acidez; las soluciones alcalinas tienen menor concentración de Iones H.

El pH sérico normal 7.40

Acidemia : Si el pH sérico es <de 7.35

Alcalemia : Si el pH sérico es >de 7.45

Si el pH es menor de 7.4 y se aproxima a 7.35 pero, no es inferior a éste último valor se habla de Acidosis.

Si el pH es mayor de 7.4 y se aproxima a 7.45 pero, no es superior a éste último valor se habla de Alcalosis.

---

<sup>2</sup>La sangre del seno coronario suele ser la sangre más desaturada del organismo. la sangre de la arteria pulmonar (venosa mixta) se usa de modo apropiado para reflejar el mínimo contenido de oxígeno en términos de homeostasis corporal total.

Los trastornos ácido básicos pueden ser metabólicos y respiratorios:

	RESPIRATORIA	METABOLICA
ALCALOSIS	↓PCO <sub>2</sub>	↑HCO <sub>3</sub>
ACIDOSIS	↑PCO <sub>2</sub>	↓HCO <sub>3</sub>

## LOS TRANSTORNOS ACIDO BASICOS PUEDEN SER:

### *Puros o simples*

Cuando hay un sólo componente. Ej. : Acidosis metabólica, Alcalosis metabólica, Etc.

### *Mixtos*

Cuando hay dos componentes. Generalmente un componente metabólico y uno de tipo respiratorio asociados aunque predomine uno de los dos. Estos son los trastornos mas frecuentes. Ej : Acidosis metabólica más alcalosis respiratoria. Etc.

*Triples* Cuando existen tres componentes: Dos metabólicos y uno respiratorio. Este tipo de trastornos es menos común pero son los mas difíciles de diagnosticar, para ello se requiere la determinación del Anión-Gap.

Esquema sobre la actitud que se debe adoptar ante un paciente con hipoxemia (Pao<sub>2</sub> < 80 mmHg) En los individuos de 30 años o menos la PAo<sub>2</sub> - Pao<sub>2</sub> suele ser < 15 mmHg y aumenta aproximadamente 3 mmHg cada decenio de esta edad.

Determinación de la concentración de **HIDROGENIONES**:

La concentración de Hidroniones determina el pH de una determinada solución, la cual inversamente proporcional al pH. La concentración de Hidrogeniones en la sangre se determina mediante la expresión no logarítmica de la ecuación de Henderson-Hasselbach o ecuación de Kassirer-Bleich así:

$$H = 24 \times PaCO_2 / HCO_3$$

Correspondencia de la concentración de H para cada pH:

pH *	H
7.20	63
7.30	50
7.36	44
7.38	42
7.39	41
7.40	40
7.41	39
7.44	36

La relación se pierde con un pH menor de 7.1 o mayor 7.5

Concepto de BASE EXCESO: Es el grado de desviación de los BUFERES totales normales disponibles.

Normal : +-5 Mmol/L

+5-10Mmol/L debe investigarse y corregirse

+10 Mmol/L denota un imbalance ácido-base significativo amenazante de la vida.

### CARACTERISTICAS Y VARIACIONES DE LOS TRASTORNOS ACIDO-BASICOS

ACIDOSIS METABOLICA ↓Bicarbonato plasmático	COMPENSADA	PARCIALMENTE COMPENSADA	NO COMPENSADA (AGUDA)
PH	normal	↓	↓
PaCO <sub>2</sub>	más disminuido	↓	normal
HCO <sub>3</sub>	↓	↓	↓

<b>ALCALOSIS METABOLICA</b> ↑ Bicarbonato plasmático	<b>COMPENSADA</b>	<b>PARCIALMENTE COMPENSADA</b>	<b>NO COMPENSADA (AGUDA)</b>
<b>PH</b>	normal	alto	↑
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	más aumentado	↑	normal
<b>HCO<sub>3</sub></b>	↑	↑	↑

<b>ACIDOSIS RESPIRATORIA</b> ↑ PaCO <sub>2</sub>	<b>COMPENSADA CRÓNICA</b>	<b>PARCIALMENTE COMPENSADA</b>	<b>NO COMPENSADA</b>
<b>PH</b>	normal	bajo	bajo
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	aumentado	↑	aumentado
<b>HCO<sub>3</sub></b>	más aumentado	↑	normal

ALCALOSIS RESPIRATORIA ↓ PaCO <sub>2</sub>	COMPENSADA CRONICA	PARCIALMENTE COMPENSADA	NO COMPENSADA AGUDA
PH	normal	alto	alto
PaCO <sub>2</sub>	↓	↓	disminuido
HCO <sub>3</sub>	más disminuido	↓	normal

### COMPENSACIONES :

Las compensaciones son propias de los desordenes primarios, los desordenes mixtos dificilmente compensan o sólo compensan parcialmente.

Los desordenes metabólicos compensan con el sistema respiratorio (Hiper o hipo ventilando), por lo tanto la compensación es rápida y efectiva. Los desordenes respiratorios se compensan metabólicamente<sup>3</sup> por mecanismos renales, los cuales son tardíos y menos efectivos.

Los siguientes cálculos se utilizan para determinar si el trastorno esta o no compensado o mejor a un, si el trastorno es primario (cuando generalmente esta compensado) o si es mixto (cuando la compensación es incompleta).

<sup>3</sup> •La pérdida de jugo gástrico por vómito produce pérdida de los iones hidrógeno y puede causar alcalosis metabólica.

## ALCALOSIS METABOLICA

La alcalosis metabólica o no respiratoria ocurre cuando hay una pérdida excesiva de ácidos fijos del cuerpo o como consecuencia de la ingestión, infusión o resorción renal excesiva de bases como el bicarbonato. Aquí un aumento del  $\text{HCO}_3$  hace que la relación  $\text{HCO}_3/\text{PCO}_2$  aumente de modo que el pH asciende. Las causas son excesivas ingestión de álcalis y pérdida de jugo gástrico ácido.

Entre las principales causas frecuentes de alcalosis metabólica podemos mencionar las siguientes:

- \* Pérdida de iones hidrógeno causada principalmente por: vómitos, fístulas gástricas, diuréticos, tratamientos con esteroides o sobre producción de los mismos (aldosterona u otros mineralocorticoides)
- \* Ingestión o administración de bicarbonatos u otras bases (por ejemplo antiácidos)

El organismo para compensar producirá una hipoventilación para aumentar el nivel de  $\text{CO}_2$ , llevando el pH a un valor normal.

El paciente puede presentar los siguientes síntomas

- \* Respiración lenta y superficial
- \* Hipertonía muscular
- \* Inquietud
- \* Fasciculaciones
- \* Confusión e irritabilidad
- \* En casos graves estado de coma



## ACIDOSIS METABOLICA

La acidosis metabólica puede llamarse más adecuadamente acidosis no respiratoria porque no siempre implica aberraciones del metabolismo. La acidosis metabólica puede deberse a la ingestión, infusión o producto de un ácido fijo; a la disminución de la excreción renal de los iones hidrógeno; al movimiento de los iones hidrógeno del comportamiento intracelular al extracelular; o a la pérdida de bicarbonato u otras bases del comportamiento extracelular.

En la acidosis metabólica la relación entre  $\text{HCO}_3$  y  $\text{PCO}_2$  desciende, deprimiendo así el pH. El  $\text{HCO}_3$  puede disminuir por acumulación de ácidos en la sangre, como en la diabetes mellitus no tratada o a causa de la hipoxia de los tejidos en que se libera ácido láctico.

Entre las principales causas de acidosis metabólica podemos mencionar:

- \* Ingestión de drogas o sustancias tóxicas (metanol, salicilatos, cloruro de amonio, metanol y etilenglicol).
- \* Pérdida de iones bicarbonato (diarrea, fistulas pancreáticas, disfunción renal).
- \* Acidosis láctica (hipoxemia, anemia, monóxido de carbono, ejercicio intenso, cualquier estado de choque y síndrome de insuficiencia respiratoria en el adulto (SIRPA)).
- \* Cetoacidosis (diabetes mellitus, alcoholismo e inanición).
- \* Incapacidad para excretar los iones hidrógeno.

## ACIDOSIS RESPIRATORIA

También llamada insuficiencia ventilatoria, se caracteriza por un aumento en la presión arterial de CO<sub>2</sub> y una disminución del pH arterial.

Este trastorno puede ser agudo (No compensado) o crónico (compensado)  
La tensión arterial de anhídrido carbónico refleja de manera directa lo adecuado de la ventilación alveolar, por lo tanto, ofrece una medición objetiva de la función fisiológica del pulmón.

La acidosis respiratoria se trata de compensar por mecanismos renales pero estos son tardíos y toman varios días en ser efectivos. En los casos agudos los amortiguadores celulares, principalmente la Hemoglobina y las proteínas constituyen la única defensa, mientras los mecanismos renales tardíos se "activan". Si la acidosis respiratoria persiste, el riñon responde conservando HCO<sub>3</sub>. Esto sucede porque la PCO<sub>2</sub> está aumentada en las células de los túbulos renales, de modo que éstas excretan entonces una orina más ácida secretando iones H<sup>+</sup>.

Entre las principales causas de ACIDOSIS RESPIRATORIA podemos mencionar :

### 1. Inhibición del centro respiratorio

- Droga : Anestésicos, sedantes, opiáceos, alcohol
- Administración de Oxígeno hipercapnia crónica.
- Lesiones del sistema nervioso central.

Enfermedades neuromusculares : Miopatías y neuropatías.

Restricción de la caja torácica : Trauma, cifoescoliosis, etc.

Limitación de la expansión pulmonar : Derrames pleurales, Neumotorax.

Enfermedades del parénquima pulmonar : Neumonía, edema, etc.

Otras : Obstrucción de la vía aérea alta, para cardiorrespiratorio.

## ALCALOSIS RESPIRATORIA

Obedece a una disminución de la  $PCO_2$  que hace aumentar la relación  $HCO_3/PCO_2$ , elevando así el pH.

Ante una disminución aguda de la presión arterial de  $CO_2$  los Hidrogeniones se mueven desde el interior de la célula al líquido extracelular, allí son neutralizados por el bicarbonato, como resultado de ello el  $HCO_3$  sérico disminuye. Este fenómeno se manifiesta entre los primeros 10-15 minutos.

Por cada 10 mm Hg que se reduzca la  $PaCO_2$ , el  $HCO_3$  sérico disminuye en 2 Meq/Lt.

En la alcalosis respiratoria crónica los mecanismos renales son los responsables de la compensación, dando como resultado una mayor disminución en el Bicarbonato ( $HCO_3$ ) Sérico. La compensación máxima solo se presenta después de varios días.

Por cada 10 mmHg que se reduzca la  $PaCO_2$ , el  $HCO_3$  sérico disminuye 5 Meq/Lt.

Entre las principales causas de ALCALOSIS RESPIRATORIA podemos mencionar:

1. Hipoxemia  
Enfermedades del parénquima pulmonar  
Residencia en grandes alturas  
Insuficiencia cardíaca
2. Ansiedad.

Desórdenes del sistema nervioso central : A.C.V, tumores, infecciones.

Drogas : Hormonas, salicatos, catecolaminas, progesterona.

Estados hipermetabólicos : Fiebre, tirotoxicosis, sepsis.

Embarazo

Insuficiencia hepática

Soporte ventilatorio mecánico, asistencia ventilatoria

Dolor agudo y crónico

## RELACION ENTRE EL PH Y EL POTASIO SERICO

Las acidosis y las alcalosis inducen a cambios en los niveles séricos del potasio.<sup>1</sup> Los desordenes metabólicos inducen cambios mayores que los respiratorios, al igual que las acidosis orgánicas. Por cada variación del pH en 0.1 unidad el potasio varía en 0.6 Meq/Lt en relación inversa.

## EL CONCEPTO DEL ANION GAP

El anión gap o brecha aniónica se basa en un principio de la electro neutralidad es decir, en el organismo debe existir igual número de aniones y de cationes.

El anión gap representa aquellos aniones diferentes al cloro y al bicarbonato requeridos para contrabalancear las cargas positivas de sodio (como principal catión).

Los aniones no medibles que representan el anión gap son: los fosfatos, los sulfatos, los aniones orgánicos como las proteínas el ácido láctico, el ácido betahidroxibutírico entre otros.

Si  $Na=140$  Meq/Lt,  $Cl= 103$  Meq/Lt,  $HCO_3=25$  Meq/Lt, entonces el AG es calculado así:

$$AG=NA-(Cl+HCO_3)$$

### El valor normal del anión gap es 12+ ó - 2 Meq/Lt.

Es decir que la cantidad de aniones no medibles ( fosfatos, sulfatos, aniones orgánicos etc.) normalmente es de 12 Meq/Lt. Dentro de las causas de aumento de anión gap tenemos:

- \* Acidosis metabólica
- \* Deshidratación (más por pérdida de agua que de sal)
- \* Terapia con sales sódicas que tienen iones no medibles como citrato lactato ó acetato de sodio.
- \* Terapia con ciertos antibióticos como carbenicilina que tiene sodio.
- \* La alcalosis metabólica y respiratoria estimula la glicólisis lo que produce aumento del ácido láctico.

---

<sup>1</sup> El potasio puede ser intercambiado por hidrogeniones en los tubulos distales de riñón.

## ANION GAP O BRECHA ANIONICA

Las compensaciones fisiológicas se basan en el intercambio de gases y electrolitos a través de las membranas celulares, teniendo valor, sobre todo en el caso de las acidemias, el cálculo del llamado Anion Gap, o brecha anionica, que interrelaciona al Na, al bicarbonato y al cloro.

Este parámetro calculado tiene interés, porque además de informar sobre alteraciones electrolíticas, puede alertar ante presencia de tóxicos en sangre (aniones no medidos que se escapan).

También puede servir de control de calidad de los laboratorios, al interrelacionar los valores informados, no debiendo por ejemplo, dar valores elevados en sujetos normales, o valores negativos, aunque hay situaciones que justifican esta negatividad. A veces se habla de Anion Gap K cuando se incorpora el valor del K en el cálculo.

En cualquier acidemia metabólica hay disminución del bicarbonato, pudiendo compensarse esta reducción del bicarbonato con un aumento de cloro (columna de enmedio) en cuyo caso el AG es normal, puede no existir la antedicha compensación por el cloro (AG alto), y también hay acidemias con hipercloremia y con aumento del Anión Gap, existiendo múltiples condiciones patológicas en uno y otro grupo. No es equiparable el aumento de AG a situaciones de acidosis, y así por ejemplo, en la alcalosis respiratoria crónica, baja el bicarbonato sanguíneo en menor proporción de lo que aumenta el Cloro en sangre, con lo que aumenta el Anión gap, sin que haya en absoluto acidosis. Inicialmente se equiparaba un aumento del anión gap con una acidosis láctica, pero recientemente se ha comprobado que este anión gap no tiene tanta sensibilidad. Es preferible la determinación directa del lactato, cuyo valor normal es de  $1,5 \text{ mmol/L} = 1,5 \text{ mEq/L} = 13,5 \text{ mg\%}$ , pudiendo aumentar normalmente en ejercicio hasta  $10-15 \text{ mEq/L}$ .

---

<sup>1</sup> El bicarbonato se expresa en milimoles por litro (mmol) que tiene un factor de conversión respecto de los miliequivalentes por litro (mEq/L).

## ACIDOSIS METABOLICA

Se clasifican en acidosis metabólicas de Anión Gap alto y de Anión Gap normal.

Las acidosis metabólicas con anión gap alto son las siguientes:

Cetoacidosis diabética: Por aumento del ácido acetoacético y el ácido betahidroxibutírico.

Intoxicación por salicilatos.

Intoxicación por alcohol metílico: Por aumento de cetonas, ácido fórmico y otros.

Paraldehído : mecanismo no conocido.

Etilenglicol : mecanismo no conocido.

Falla renal azohémica: Por disminución de la excreción renal de H.

Acidosis láctica de cualquier etiología.

Estados hipoxémicos o disoxicos: Por aumento del ácido láctico y anaerobiosis

Las acidosis metabólicas con anión gap normal son:

1- Por pérdidas gastrointestinales de bicarbonato:

Por diarrea.

Por fístula pancreática.

Por ureterosigmoidostomía

2- Por pérdidas renales de bicarbonato :

Acidosis tubular renal .

Uso de inhibidores de anhidrasa carbónica

Todas estas se asocian con hipocalemia

3- Con potasio normal o con HIPERCALEMIA

Insuficiencia renal temprana.

Adición de ácidos como ácido clorhídrico.

Adición de cloruro de amonio

Las acidosis metabólicas con anión gap normal anteriormente enumeradas se asocian generalmente con hipercloremia.

De acuerdo con lo anterior las acidosis metabólicas se clasifican en:

- \* Acidosis metabólicas con anión gap alto y
- \* acidosis metabólica con anión gap normal.

Siempre, cuando al analizar unos gases arteriales diagnosticamos una acidosis metabólica debemos calcular el anión gap para saber si se trata de una acidosis metabólica con anión gap alto o una acidosis metabólica con anión gap normal. Esto nos facilitara el diagnostico diferencial y etiológico de las acidosis metabólicas.

El calculo del Anión-Gap es esencial también para diagnosticar los trastornos ácido base triples. En los desordenes triples están presentes un componente de acidosis metabólica asociado (acidosis metabólica de Anión-Gap alto.

### **ALCALOSIS METABOLICA**

Las alcalosis metabólicas se producen por dos mecanismos principales a saber :

- \* Por ganancia de bicarbonato.

- \* Por pérdida de ácidos (usualmente por el tracto gastrointestinal o por vía renal)

Las principales causas de Alcalosis metabólicas son :

Por vómito o por succión nasogástrica ( por pérdida de Hidrogeniones en el ácido clorhídrico)

Terapias prolongadas con diuréticos (excreción renal de H+)  
Diarrea rica en cloro

Alcalosis post-hipercápnic (excreción renal de H+)

Estas cuatro causas de alcalosis metabólica se asocian con CONTRACCION DE VOLUMEN PLASMATICO y Cloro bajo en la orina (Cl<5Meq/L).

Las alcalosis metabólicas con contracción de volumen (Con Cloro bajo en orina<5Meq/L) responden muy bien a la terapia con solución salina normal.

El análisis del Cloro urinario nos es de ayuda en el diagnóstico diferencial con las Alcalosis metabólicas que cursan con EXPANCIÓN DE VOLUMEN PLASMÁTICO en las cuales el Cloro urinario es  $> 20$  Meq/L. como las siguientes:

- Enfermedad de Cushing.
- Terapia con esteroides (Mineralocorticoides-Glucocorticoides).
- Producción ectópica de ACTH
- Hiperaldosteronismo primario

Dentro de otro grupo y como última causa de alcalosis metabólica podemos mencionar:

Alcalosis metabólica por ganancia de Bicarbonato:

- \*Administración de Bicarbonato de sodio. (Para manejo agresivo de estados de acidosis o en resucitación cerebro-cardio-pulmonar)
- \* Administración de Citrato
- \*Administración de Acetato
- \*Administración de Lactato.

Al evaluar una alcalosis metabólica en un determinado paciente, es necesario valorar los siguientes aspectos :

- Volumen arterial efectivo. (para determinar si hay contracción o expansión de volumen plasmático)
- Tensión arterial (el mismo objetivo)
- Concentración sérica de Potasio (La hipocalcemia no corregida perpetúa la alcalosis metabólica.
- Electrolitos en orina principalmente el Cloro



El pulmón tiene dos entradas:

- \* el aire inspirado
- \* la sangre venosa mezclada

El pulmón tiene dos salidas:

- \* la sangre arterial
- \* el aire inspirado

El nivel arterial de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub> se determina por el modo con que el pulmón trata el aire inspirado y la sangre venosa mezclada. Esto es determinado por los factores intrapulmonares, mientras que factores extrapulmonares pueden modificar la PaO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub> de forma considerable y clínicamente importante, debido a su efecto sobre la composición de la sangre venosa mezclada.

### **LOS FACTORES INTRAPULMONARES SON:**

- \* La FiO<sub>2</sub>.
- \* La ventilación alveolar.
- \* La limitación de la difusión.
- \* Shunt.
- \* Desigualdad de la ventilación-perfusión.

Los dos primeros pueden ser manipulados clínicamente, y en los enfermos críticos tienen mayor importancia los dos últimos: el shunt y la desigualdad de la ventilación-perfusión (V/Q). El shunt son unidades pulmonares perfundidas, pero no ventiladas, es el mayor trastorno de la V/Q, pero se diferencian en la gran diferencia de comportamiento en los cambios. Así la FiO<sub>2</sub> no produce casi ningún cambio en la PaO<sub>2</sub> en casos de shunt, pero sí que aparecen en la desigualdad V/Q.

## LOS FACTORES EXTRAPULMONARES SON LOS SIGUIENTES:

- \*Gasto cardíaco.
- \* Absorción de O<sub>2</sub>.
- \* Concentración de hemoglobina.
- \* Equilibrio ácido-base
- \* Temperatura
- \* Localización de la curva de disociación del oxígeno-hemoglobina, generalmente definida por P50 (presión a la saturación del 50%).

De todos ellos los más importantes son el gasto cardíaco y la absorción de oxígeno.

Primero se determina a habido cambios en los factores extrapulmonares cuando se está evaluando datos diferentes en muestras de sangre arterial. Los más importantes son el gasto cardíaco (GC) y la absorción de oxígeno.

Primero se determina a habido cambios en los factores extrapulmonares cuando se está evaluando datos diferentes en muestras de sangre arterial. Los más importantes son el gasto cardíaco (GC) y la absorción de oxígeno.

**El gasto cardíaco:** los indicios de cambios en el GC son la tensión arterial, frecuencia cardíaca, presión venosa central, temperatura de la piel y sobre todo, la producción de orina. Esta última se puede considerar como un índice de la perfusión de los órganos periféricos y del aporte de oxígeno. Si desciende el GC cae la diuresis, salvo si se han administrado diuréticos. Es por esto que a la producción de orina se la denomine "el gasto cardíaco del pobre".

**absorción de O<sub>2</sub>:** si aumenta la T/A del paciente o lucha con el respirador, puede verse incrementada la absorción de O<sub>2</sub>.

## INTERPRETACIÓN DE LA GASOMETRIA

La secuencia de interpretación, sería:

1º Ver si el pH habla de "emia" o de "osis", significando "emia", que el valor de pH en sangre es anormal (fuera del rango de neutralemia, de 7,35-7,45), pues hay muchas acidosis y alcalosis sin acidemia ni alcalemia, o sea con pH en sangre en rango normal. La acidemia o alcalemia siempre es aguda, descompensada, de obligado tratamiento, mientras que las acidosis o alcalosis son crónicas, más o menos compensadas. Así, la acidosis respiratoria crónica es compensada por definición, y en su presencia hay que normalizar el pH, no la PCO<sub>2</sub>.

2º Después del pH, mirar la PCO<sub>2</sub> para valorar si la ventilación es adecuada.

3º Después mirar la cifra de bicarbonato actual (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) para valorar si la compensación es adecuada, calculando el pH predicho y otros valores. Las bases de estos cálculos, que proceden de los trabajos de Schwartz, se resumen para uso práctico a la cabecera del paciente.

Si el pH predicho, coincide con el pH medido, la alteración es respiratoria; si no coincide pero va en la misma dirección, el desequilibrio ácido-base puede ser de causa doble, mixto, o combinado o hay compensaciones; cuando el pH medido y el predicho por la variación de PCO<sub>2</sub> van en direcciones opuestas, el desequilibrio es metabólico.

Hay una serie de reglas o fórmulas de fácil memorización, como es la Regla de los ochos, para calcular el bicarbonato esperado a partir del pH y de la PCO<sub>2</sub>. Así, a un pH de 7,6, le corresponde un bicarbonato de 8/8 de la PCO<sub>2</sub>; a pH de 7,5, el bicarbonato debe ser 6/8 de la PCO<sub>2</sub>; a pH 7,4, el bicarbonato es 5/8; a 7,3 será 4/8, y a pH de 7,2, el bicarbonato debe ser en trastornos simples, 3/8 de la PCO<sub>2</sub>. Dada la necesidad de una pronta corrección de las acídemias metabólicas, suele calcularse la dosis de bicarbonato a infundir para su corrección, a partir del Exceso de bases: Dosis de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> para llevar el pH a 7,40 = (0,20 x peso en Kg) x EBase.

El anión gap de la orina también es informativo, y cuando la suma (Na + K) en orina sea mayor que el valor de Cl en orina, ya que el bicarbonato urinario puede ser cero con un pH de orina menor de 6, podremos sospechar, si no es posible medirlo, que el amonio en orina es bajo en ausencia de su determinación, preferible. Así pues, este anión gap urinario proporciona un reflejo de la capacidad de excreción de amonio, ya que el amonio se excreta unido al Cloro. Al aumentar la excreción de amonio en orina, y corregirse el defecto de acidificación, aumenta la excreción de cloro simultáneamente, y disminuye el anión gap urinario.

Es útil en algunos casos el cálculo de la brecha o diferencia osmolal (Osmolalidad medida - Osmolalidad calculada), que no debe ser mayor de 10mOsm/L, siendo a veces un signo que alerta ante la presencia de toxinas circulantes, medidas, pero no consideradas osmóticamente en el cálculo. Esta osmolalidad calculada se hace a partir del valor de Na en mEq/L, de la Urea, y de la glucemia, estas últimas expresadas en mg%:  $(2 \times \text{Na}) + (\text{Glucosa}/18) + (\text{Urea}/6)$ . Si se usa el BUN(Urea/2), dividirlo por 2,8.

## **ALCALOSIS METABÓLICAS**

Es oportuno recordar aquí algunos principios fisiopatológicos del funcionamiento renal, por ejemplo, que la reabsorción renal de bicarbonato es inversamente proporcional al nivel de los depósitos de potasio en el organismo, manteniéndose y perpetuándose cualquier alcalosis metabólica en situaciones de hipocloremia e hipopotasemia, ya que ambas reducen el filtrado glomerular.

Se estima que cada mEq de Cloro perdido, aumenta 1 mEq/L el bicarbonato en el líquido extracelular. Se habla de alcalosis hipokaliémicas, hipoclorémicas, y alcalosis por contracción de volumen. La contracción de volumen estimula la reabsorción de bicarbonato, mientras que la hipocloremia estimula la liberación renal de renina aunque no haya contracción de volumen. La mayoría de alcalosis por contracción están causadas por el uso de diuréticos, que causan mayores pérdidas de Cloro y de Sodio, que de bicarbonato.

El cloro urinario es un marcador del estado de volumen en las alcalosis por pérdidas gástricas, y cuando hay bastante sal en el organismo, el cloro en orina será mayor de 40 mEq/L. Es por esto que se suelen clasificar las alcalosis o alcalemias, como clorosensibles y cloro-resistentes, según tengan o no un componente de deshidratación o contracción de volumen. El valor de cloro en orina ayuda a diferenciarlas, pues las salino sensibles retienen el cloro con avidez, siendo el valor en orina, menor de 15 mEq/l.

*ERRORES MAS FRECUENTES EN LA GASOMETRIA ARTERIAL QUE  
PUEDAN ALTERAR LA MEDICION E INTERPRETACION DE LOS  
RESULTADOS OBTENIDOS*

- \* Punción venosa
  
- \* Exceso de heparina en la jeringa de extracción
  
- \* Burbujas en la muestra en contacto con el aire
  
- \* Tiempo > 10-15 min. entre extracción y análisis
  
- \* Muestra expuesta a calor
  
- \* No agitar suficientemente la muestra
  
- \* No despreciar el espacio muerto de la muestra
  
- \* No calibrar con la periodicidad necesaria

- \* No realizar controles de calidad
- \* No realizar un mantenimiento preventivo
- \* Desconocimiento de la temperatura del paciente
- \* Desconocimiento de la FiO<sub>2</sub>
- \* Leucocitosis > 50.000 Leucos/mm<sup>3</sup>

## PROCEDIMIENTO.

### 1. Escoger la zona de puncion.

En general siempre se realizará en la arteria radial de la mano no dominante. La arteria radial contralateral, la humeral o la femoral se reservaran como opciones alternativas consecutivas. Antes de puncionar la arteria radial debe comprobarse la integridad de la circulación colateral con el fin de proteger la mano de una posible isquemia en caso de aparición de cualquier complicación (hematoma, espasmo, trombosis.

Para ello debe realizarse la *maniobra de Allen*. Esta maniobra consiste en pedir al enfermo que abra y cierre vigorosamente el puño tras haber localizado y comprimido la onda de pulso radial y cubital. Tras 5-10 flexiones suele aparecer palidez isquémica palmar. Con la mano del enfermo extendida, se liberará la compresión cubital y se registrará el tiempo necesario para que reaparezca la coloración palmar habitual. En general se considera que una circulación colateral cubital es adecuada si esta reaparece en menos de 15 segundos. Se debe preguntar siempre si el paciente toma tratamientos anticoagulantes.

### 2. Limpieza de la piel con alcohol.

3. Utilizar siempre anestesia local subcutánea a menos que el paciente no tenga hipersensibilidad a la misma. El empleo de anestesia local evita el dolor, disminuye la ansiedad y la hiperventilación, hechos que podrían alterar los resultados obtenidos. En general se administrará 0.3 ml de anestésico local que no contenga adrenalina, con jeringa de administración de insulina y con aguja fina.

4. Colocar la muñeca del paciente hiperextendida formando un ángulo aproximado de 45° con la aguja.

5. Emplear jeringas de vidrio o sets de plástico especialmente diseñados para la punción arterial. En condiciones ideales, debe obtenerse un reflujo de sangre pulsátil, capaz de elevar el émbolo de la jeringa de forma pasiva, obteniéndose entre 2 y 5 ml.

6. Heparinizar adecuadamente la jeringa utilizada. Poca heparina favorecerá la coagulación de la muestra y demasiada interferirá con el resultado analítico. En general se aconseja emplear un preparado de heparina poco concentrado (1000 U/ml), humidificar cuidadosamente el émbolo y la jeringa de extracción y evitar que quede heparina libre en el interior de la jeringa.

7. Tras la punción debe comprimirse vigorosamente la zona puncionada durante varios minutos para evitar la aparición de hematoma.

8. Finalmente, debe mantenerse la muestra sanguínea en condiciones de estricta anaerobiosis y a temperatura baja (4°C) hasta el momento de su análisis.



## *VII. CONCLUSION*

La elaboración de este manual me permitió contribuir a la Terapia Post-quirúrgica del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" para que la Enfermera interprete con mayor facilidad la gasometría arterial porque el conocimiento permitirá detectar oportunamente las posibles complicaciones para disminuir la probabilidad de que exista un daño que pueda poner en peligro la vida del paciente. Además de fomentar al personal de enfermería la importancia de profundizar y actualizar las bases teóricas y científicas que derivan la responsabilidad de la realización de este procedimiento cotidianamente.

Considero que es necesario facilitar esta información al personal que labora en otras áreas y de nuevo ingreso para evitar realizar procedimientos de forma rutinaria, además de realizar cursos de actualización frecuentemente y con acceso a todo el personal de esta área.

# VIII. ANEXOS

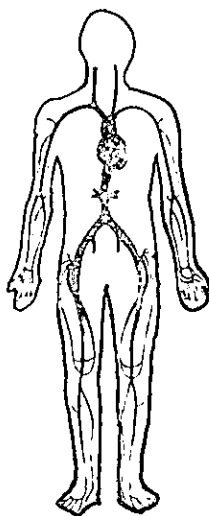
## 8.1 GUIA DE OBSERVACION

### INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA "IGNACIO CHAVEZ"

De acuerdo a la siguiente guía de observación se elaborará un manual de valoración de gasometría arterial tomando como referencia el déficit de conocimiento en la valoración por parte del personal de Enfermería de la terapia post-quirúrgica del INC.

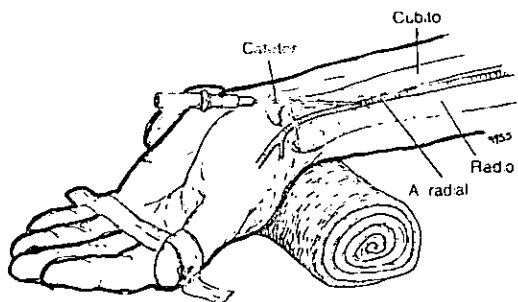
CONOCIMIENTOS Y ACCIONES BASICAS DE ENFERMERIA	SI	NO
Conoce el mecanismo del equilibrio acido-base		<input type="checkbox"/>
Hepariniza la jeringa con la cual toma la muestra sanguínea	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conoce el porcentaje de gases en el ambiente		<input type="checkbox"/>
Principales alteraciones en interpretación de la gasometría arterial		<input type="checkbox"/>
Valores normales de la gasometría arterial		<input type="checkbox"/>
Posibles causas de los trastornos metabólicos		<input type="checkbox"/>
Utilidad de la gasometría arterial		<input type="checkbox"/>
Que es el pH y de donde se obtiene		<input type="checkbox"/>
Conoce los mecanismos de compensación del equilibrio acido-base		<input type="checkbox"/>

## 8.2 ESQUEMA DE CIRCULACION COLATERAL



### 8.2.1 CANALIZACION ARTERIAL

Se ilustra la posición correcta de la muñeca para canalización.



### 8.3 GASOMETROS

A partir del desarrollo completo de los electrodos de medida, los gasómetros incorporan en la cámara de medición, termostatzada siempre a 37°C, los tres electrodos básicos conocidos actualmente: electrodo de PO<sub>2</sub>, de PCO<sub>2</sub> y de pH, con ánodos y cátodos de metal, sumergirlos en un líquido o electrolito adecuado a su función, separados de la cámara de medida por una membrana de espesor y material adecuado, salvo en el electrodo de pH, que no lleva electrolito ni membrana de separación. Los modernos equipos de gasometría suelen incorporar electrodos específicos, ión selectivos (ISE) para medida de electrolitos (Na, K, Cl, y Ca ionizado), pudiendo también determinar hemoglobina total, hematocrito, glucosa y lactato, con información completa, y sobre todo rápida de la oxigenación, ventilación, estado ácido base, y metabolismo electrolítico del paciente grave. Dada la trascendencia de la toma de decisiones, sobre todo en la compensación rápida de las acidemias, se contempla el uso de equipos portátiles que trabajan con sistemas integrados de gasometría por fluorescencia.

#### CALIBRACION DE LOS GASOMETROS

Cualquier gasómetro necesita una cuidadosa y documentada calibración que debe incluir siempre dos puntos o niveles que abarquen el rango de posibles valores, para asegurar la linealidad, concepto distinto de la pendiente o Sensibilidad, que se expresa en tanto por cien a más pendiente, más sensibilidad. Para el PCO<sub>2</sub> y pH, la sensibilidad se refiere a un voltaje de respuesta, en el caso del electrodo de O<sub>2</sub>, se expresa en picoamperios/mmHg, y en la calibración del nivel de Hb, en nanoamperios.

Finalizada la calibración total de uno y de dos puntos, los equipos suelen informar de las derivas, expresión de la diferencia de la calibración actual, con la anterior. En la cámara de medición se depositan proteínas sanguíneas que falsean a la baja el pH, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub>; se forman microcoágulos que captan solución de lavado, con lo que el valor del pH medido será falsamente bajo; se depositan bacterias consumidoras de O<sub>2</sub>, que falsean por encima el pH y PCO<sub>2</sub>; el depósito de plata sobre el platino del electrodo de PO<sub>2</sub>, aumenta falsamente sus valores, y el envejecimiento de las membranas y de los propios electrodos, da valores erráticos en los tres parámetros.

## CONTROL DE CALIDAD DE LOS GASOMETRO

Un concepto distinto al de la necesaria calibración, es el del Control de Calidad del gasómetro, imprescindible en nuestro país al menos en cada turno de trabajo de 8 horas, y en otros países, por imperativos legales, acompañando cada informe gasométrico.

Los controles de calidad ideales serían la sangre fresca tonometrada a concentraciones certificadas de gases, proceso lento, que no incluye el pH; en su defecto, pueden usarse soluciones acuosas de buffer para pH y PCO<sub>2</sub>, soluciones con fosfato-bicarbonato-cloro en glicerol o propilenglicol, soluciones con heinaties y hemoglobina estabilizados, o preparados de fluorocarbono, que adolecen de su caducidad, siendo una buena alternativa los reactivos con una fase líquida y otra gaseosa, que se mezclan, agitándolas en el momento de uso.

Los gasómetros deben ser exactos y precisos (apartado de Metrología), considerándose una precisión adecuada, +/-0,02 para el pH, y +/-2% para el PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub>. El anticoagulante con que se precarga la jeringa para gasometría puede ser heparina líquida (pH<7), que debe ir equilibrada electrolíticamente (Na, litio) si vamos a medir Na, K, Cl, estimándose que 0,5-2 mg de heparina sódica bastan para anticoagular unos 10 ml de sangre, para evitar el efecto o error por dilución de la heparina en la fase Preanalítica, que dará valores falsamente bajos de PCO<sub>2</sub> y pH y puede alterar el valor de PO<sub>2</sub>, y la cifra de Hb.

Las jeringas diseñadas para gasometría, precargadas con heparina liofilizada evitarían este error, además de asegurar una cantidad de muestra fija, y mayor de 1,5 ml. Una muestra cuya medición se retrasa, también proporcionara valores alejados de los verdaderos dependiendo de la temperatura de almacenaje(4-25°C). Actualmente, con los avances tecnológicos, las derivas de los electrodos, su remembrado tedioso, y el manejo artesanal de los equipos, han pasado a la historia. Los gasómetros modernos son prácticamente automáticos, los electrodos no tienen cables, lo que evita el ruido electrónico, siendo prácticamente desechables, asegurando un óptimo funcionamiento al menos durante un año.

Por otra parte, la circuitería se ha reducido al mínimo, con lo que las obstrucciones en la cámara de medida de muestras poco anticoaguladas o escasas, son excepcionales, disponiendo los equipos, de programación de los intervalos de calibración de uno o dos puntos, para asegurar la linealidad de las medidas.

Asimismo, la informática incorporada asegura la detección de derivas, el nivel de tolerancia a las mismas, ajustable, hay avisos en pantalla de los errores detectados, y archivo informático de todos los datos, recuerdo y resultados del mantenimiento, resultados de las mediciones y de todas las calibraciones y controles de calidad con los gráficos de Altman o de Levey-Jennings

## *INFORME GASOMÉTRICO*

Con los resultados de la medición en cada uno de los tres electrodos citados se elabora un informe que consta de varias partes bien diferenciadas. La primera son los valores medidos directamente (PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>, pH) y también los valores de electrolitos, glucosa o lactato. Otra parte son los datos corregidos para la temperatura del paciente: PO<sub>2</sub>(T), PCO<sub>2</sub>(T), pH(T)} a menudo distinta a los 37°C de la cámara de medición. En determinadas situaciones de hipotermia, que hace subir el pH y bajar PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub>, se discute (teoría alfa stat) si es conveniente realizar estas correcciones, lo que se puede programar en el informe gasométrico. Parece que deben realizarse correcciones sobre todo fuera del rango de 35-39°C, y cuando la PO<sub>2</sub> sea inferior a 60, ó la PCO<sub>2</sub> sea inferior a 30 mmHg.

Otra parte del informe gasométrico serían los valores calculados, que se imprimen con un sufijo "c" ó "e", indicativos de calculado, calculado con valores introducidos off line, o estimado con valores por defecto. Así, por ejemplo, si el gasómetro no incorpora el componente de cooximetría, que mide directamente saturación de oxígeno (SO<sub>2</sub>) y dishemoglobinas, la SO<sub>2</sub> se calcula con una complicada fórmula, que considera la PaO<sub>2</sub>, el peso molecular de la Hb, el pH y el bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Dentro de los valores calculados en el equilibrio ácido-base, y dadas las sinonimias y las distintas siglas usadas en cada equipo, resumimos las definiciones y expresión de algunos de ellos, de uso común.

Exceso de bases actual (EB, BF, AB<sub>Ec</sub>) es un término empírico, expresivo de la cantidad de ácido o base requerida para titular 1 litro de sangre al pH normal de 7,40. Es útil para calcular la dosis de bicarbonato o cloruro amónico en correcciones de desequilibrios metabólicos. Cuando faltan bases, este exceso es un defecto, expresándose con signo negativo. El valor normal sería +/-3 mmol/L. Exceso de bases del fluido extracelular, exceso de bases standard, o exceso de bases a concentración de Hb de 3 mmol/L (5 gr%). Se expresa como EB<sub>Ec</sub>, SB<sub>Ec</sub>, BE<sub>3</sub>, siendo la valoración más completa que en el caso del EB actual, al ser la sangre sólo un 37% del espacio extracelular. Bicarbonato actual o real (HCO<sub>3</sub>-c): cuantifica el valor del bicarbonato a partir de la ecuación de Henderson-Hasselbalch:  $[H^+] = (24 \times PCO_2) / HCO_3^-$ , expresándose los valores de PCO<sub>2</sub> en mmHg y de los de HCO<sub>3</sub>- en mmol/L, siendo útil para caracterizar las acidosis y alcalosis metabólicas, en que el valor de bicarbonato actual se desvía de la normalidad (24 mmol/L).

Esta fórmula también es útil para dosificar el bicarbonato a administrar en la siguiente forma: decidimos el pH que deseamos, lo convertimos en concentración H<sup>+</sup> y despejamos el bicarbonato deseado. La diferencia entre el bicarbonato deseado y el actual, multiplicada por 0,4, nos da la dosis en mmol de bicarbonato a administrar .

Bicarbonato standard (SBC<sub>c</sub>): se cuantifica a valores de normalidad de PCO<sub>2</sub>=40, PO<sub>2</sub>=100, temperatura de 37°C, y se calcula con complicadas fórmulas, que consideran la Hb, la SO<sub>2</sub>, el EB, o bien otras fórmulas simplificadas . CO<sub>2</sub> total, Total CO<sub>2</sub> en sangre o en plasma (tCO<sub>2</sub>(B)<sub>c</sub>, tCO<sub>2</sub>(P)<sub>c</sub>): es un parámetro que cuantifica todo el CO<sub>2</sub> transportado. El valor en plasma es mayor que el de sangre, siendo las unidades volúmenes por cien o mmol/L. pH standard (pH(st)<sub>c</sub>): también llamado pH eucápnico, pues intenta eliminar la influencia respiratoria, calculándose a PCO<sub>2</sub>=40.



## **CONCEPTOS BASICOS PARA ENFERMERIA DENTRO DE LA VALORACION DE GASOMETRIA ARTERIAL**

### **ACIDO**

Un ácido es una sustancia que puede donar un ión hidrógeno (protón) a otra sustancia.

### **BASE**

Es una sustancia que puede aceptar un ión hidrógeno de otra sustancia.

### **AMORTIGUADOR**

Es una mezcla de sustancias en solución acuosa, por lo general se trata de la combinación de un ácido débil y su base conjugada.

### **ACIDO FUERTE**

Es una sustancia que está casi o completamente disociada en un ión hidrógeno y su correspondiente (base conjugada) en solución acuosa diluida.

### **ACIDO DEBIL**

El ácido débil sólo está ligeramente ionizado en solución acuosa.

### **PO2**

Tensión de oxígeno. Presión parcial que ejerce la pequeña cantidad de oxígeno disuelta en sangre arterial.

### **PCO2**

Tensión de bioxido de carbono. Presión parcial que ejerce el bioxido de carbono disuelto en sangre arterial. Influida por trastornos pulmonares y patrón respiratorio.

### ***PO2***

Tención de oxígeno. Presión parcial que ejerce la pequeña cantidad de oxígeno disuelta en sangre arterial.

### ***PCO2***

Tención de bioxido de carbono. Presión parcial que ejerce el bióxido de carbono disuelto en sangre arterial. Influida por trastornos pulmonares y patrón respiratorio.

### ***pH***

Expresión de la concentración de ión hidrógeno. Medida clínica de la acidez sanguínea.

### ***SaO2***

Saturación de oxígeno (porcentaje de hemoglobina que transporta oxígeno). Forma en que se transporta casi todo el oxígeno en sangre.

### ***HCO3***

Ácido carbónico, formado por bióxido de carbono y agua. Fuente de iones hidrógeno ácidos y iones bicarbonato básicos. Siempre es el 3% de la PCO2.

### ***ALCALI***

Que acepta iones de H<sup>+</sup>, o cualquier sustancia con pH superior a 7.0.

### ***PERFUSION***

Consiste en el flujo de sangre venosa a través de la circulación pulmonar hasta los capilares y el retorno de sangre oxigenada al corazón izquierdo.

### ***VENTILACION***

Es el transporte de aire desde la atmósfera al pulmón. La mecánica respiratoria asegura una ventilación alveolar fisiológica.

### ***INTERCAMBIO GASEOSO***

Es la transferencia de gases por difusión en la membrana alveolocapilar.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1) LEVITZKY Michael G., **FISIOLOGIA PULMONAR**. Ed. Limusa, México 1993. p.p 21-31,193-195.
  
- 2) WEST John B., **FISIOLOGIA RESPIRATORIA**. Ed. Médica Panamericana, Argentina 1996. p.p 72-73, 62-69, 49-51.
  
- 3) SHAPIRO Barry, **MANEJO CLINICO DE LOS GASES SANGUINEOS**. México 1998, Ed. Panamericana. p.p 1-8, 49-85, 136, 151-160.
  
- 4) ALSPACH., **CUIDADOS INTENSIVOS DE ENFERMERIA EN EL ADULTO**. Ed. Mc Graw-Hill, quinta edición, p.p 29-50.
  
- 5) **ENCICLOPEDIA DE LA ENFERMERIA**. Volumen 3, Ed, Océano, España. p.p 499-520.
  
- 6) CANOBBIO Mary. **TRANSTORNOS CARDIOVASCULARES**, Ediciones Doyma, Barcelona España p.p 65-96.
  
- 7) ANTONY. **ANATOMIA Y FISIOLOGIA**. Décima edición, Ed Euroamericana, Volumen 20, número 4, México 1999.p.p 152-195,251-275.
  
- 8) LEIVA P. José Luis y cols. , **MANUAL DE URGENCIAS CARDIOVASCULARES**, Ed M c Graw Hill, México 1995. p.p 75-96.
  
- 9) RODRIGUEZ Mario. **ANATOMIA FISIOLOGIA E HIGIENE**. Ed. Progreso, México 1998. p.p. 71-79.
  
- 10) GARNIER. **DICCIONARIO DE TERMINOS MEDICOS**. 20a edición, Fd. Interamericana.
  
- 11) BRUNER. **ENFERMERIA MEDICO QUIRURGICA**. Ed. Interamericana. México 1996.

12) MARTINEZ Maria. ALTERACIONES HIDROELECTROLITICAS Y ACIDO BASICAS. Hospital Militar Central. Primera Edición. Bogotá Colombia 1988.

13) NARINS R.G. SIMPLE AND MIXED ACID-BASE DISORDERS A Practical approach. 1990 p.p. 161-186.

14) SHIRLEY R. Burke FUNDAMENTOS DE ANATOMIA & FISIOLOGIA HUMANAS. Noriega Editores. México 1993.

15) BERROW Robert. EL MANUAL MERCK. Ed. Doyma. Barcelona España 1993.

16) <http://www.uniquindio.edu.co/infoacade/gasesart.htm>

17) <http://www.arrakis.es/~santgarc/gases.htm>

18) KOKKO Tanner. FLUIDS & ELECTROLYTIS. Saunders Co Philadelphy London 1986.

19) KAEHNIWDB. RESPIRATORY ACIB-BASE DISSORDERS. Med. Clin. North. Am 1983 915-925.

20) EMMETT M. et Al: CLINICAL USE OF THE ANION-GAP Medicine 1977 p.p. 38-54.

21) BROUGHTON Jo. et Al: INTERPRETATION OF ARTERIAL BLOOD GASES BY COMPUTER Chest 1984 p.p. 148-149.