Trabajo Original

Modificaciones de los Valores de Gases y Equilibrio Acido Base en Sangre Arterial por Acción del Tiempo, a Temperatura Ambiente.

LUPE FERRER P. *
MARIA BAMARDI P. **
ANA M. PEÑA M. **
MARIA INES OLATE L. **
MARIA ALBERTI O. **
ILSE LOPEZ B. ***

Resumen

Hemos observado que el traslado de las muestras de sangre para el análisis de Gases y Equilibrio Acido-Base desde los diferentes Servicios del Hospital hacia el Laboratorio de Gases, no se hace en el tiempo correspondiente ni en las condiciones adecuadas debido a una serie de factores, siendo uno de los más importantes el déficit de personal.

Se trabajó con 50 pacientes adultos hospitalizados en el Servicio de Medicina del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, a los que se les hubiese solicitado este examen y que no se les estuviera administrando oxígeno. A cada paciente de una punción se le extrajeron dos muestras de sangre arterial en jeringas de vidrio. Una muestra se trabajó en forma inmediata a su extracción y la otra muestra se deja a tº ambiente para ser analizada aproximadamente 30' después de la anterior.

Después de los dos análisis podemos concluir que:

El 100% de los exámenes experimentan modificaciones en alguno de sus parámetros.

Valores normales en la 1ª muestra se hacen patológicos a los 30' y a la vez valores patológicos en la 1ª muestra se hacen normales a los 30 minutos.

El 74% de las muestras que fueron analizadas 30 minutos después de extraídas experimentan modificaciones sobre el 10% en algunos parámetros y este % de variación para los pacientes es significativo.

Por lo tanto las muestras de sangre para el análisis de gases y Equilibrio Acido-Base deben ser enviadas al laboratorio inmediatamente después de su extracción previamente introducida en un receptáculo con hielo.

Los resultados de las muestras de gases, enviadas en este laboratorio corresponderán a las condiciones clínicas del paciente y los médicos podrán impartir el tratamiento adecuado.

Palabras Claves

Muestras - Tiempo - Temperatura - Transporte.

* Químico Farmacéutico.
Jefe de la Sección Gases del Laboratorio Central .
** Docentes Departamento de Enfermería Facultad de Medicina División Ciencias Médicas Norte, Universidad de Chile.
*** Docente Escuela de Salud Pública. Facultad Medicina. Universidad Chile.

Introducción

Este trabajo surgió a raíz de la observación hecha en diversos servicios del Hospital José Joaquín Aguirre en relación al envío tardío de las muestras de sangre arterial para el examen de pH y equilibrio ácido-base al laboratorio. Es por esto que quisimos investigar si este examen sufría modificaciones con la demora de su envío y éstas cuán significativas eran para el tratamiento y evolución del cuadro clínico de los pacientes.

Marco Teórico

El organismo se encuentra en un continuo proceso de intercambio con el medio externo lo que tiende a producir cambios en diferentes constantes; pero el organismo, a su vez, por medio de complejos mecanismos mantiene la constancia del medio interno con el objeto que se efectúe su metabolismo normal.

El pH fisiológico es una de las constantes que más necesita mantener el organismo dentro del rango normal. El valor del pH sanguíneo, a pesar de ser un dato importante, en forma aislada es de poca utilidad, ya que si está alterado no se sabe si la alteración se debe a falla metabólica o respiratoria; y si está normal, esta normalidad puede ser aparente, ya que puede existir un transtorno mixto, en un sentido contrario y de la misma magnitud; ejemplo, acidosis metabólica y baseosis respiratoria o viceversa y el pH se mantendrá dentro del rango de normalidad.

La medición del pH en sangre arterial y el análisis de los factores que lo alteran, se conocen como "Equilibrio Acido Base" y para un estudio completo se deben realizar las siguientes mediciones:

1.- Parámetro Respiratorio:

La función fisiológica de los pulmones y de la hemoglobina en la sangre es la de asegurar el suministro de oxígeno del aire ambiente para su utilización en el metabolismo celular y también cumplir con la función de eliminar el anhídrido carbónico producido por dicho metabolismo. En el parámetro respiratorio se miden los gases arteriales: oxígeno y anhídrido carbónico.

a) Presión Parcial del Oxígeno:

La presión parcial del oxígeno en el aire inspirado, para la presión barométrica de Santiago, es aproximadamente de 140 mm Hg (21%). El transporte del oxígeno depende de la presencia de cantidades adecuadas de una hemoglobina funcionalmente normal. La mayor parte del oxígeno de la sangre se transporta como oxihemoglobina (oxígeno unido a la hemoglobina) y se expresa como porcentaje de HbO_2. Una pequeña fracción de oxígeno se transporta como oxígeno disuelto (0,003 ml de O_2 por cada mm Hg de presión de oxígeno).

La saturación de la hemoglobina con el oxígeno depende de la presión parcial de oxígeno y de otros factores tales como: presión parcial de anhídrido carbónico (pCO_2), concentración hidrogeniónica ($[H^+]$) o pH, temperatura y el 2,3 difosfoglicerato. El cambio de los factores que alteran la saturación de la hemoglobina con el oxígeno puede llegar a ser de significación clínica en un caso de desequilibrio Acido-Base como, por ejemplo, en un paciente con insuficiencia respiratoria con retención importante de anhídrico carbónico, o en otro con baseosis ya sea metabólica o respiratoria o en un paciente con estado febril alto.

El valor normal de presión parcial de oxígeno para una Presión Barométrica promedio en Santiago de 715 mm Hg, va de 64 mm Hg para 90 años de edad hasta 88 mm Hg para 10 años de edad. Se debe considerar la edad, pues con el paso de los años las vías aéreas sufren cierto deterioro que afecta al intercambio de oxígeno.

b) Presión Parcial del Anhídrido Carbónico ($paCO_2$):

El anhídrido carbónico se produce continuamente en todas las células del organismo durante los procesos metabólicos y a través de los pulmones bajo la forma de anhídrido carbónico es eliminado. Es pues la medición de la presión de anhídrido carbónico ($paCO_2$), una medida de carácter apropiado de la ventilación, ya que está en íntima relación con la ventilación alveolar. La presión parcial de anhídrido carbónico depende de la cantidad de anhídrido carbónico producido en el metabolismo celular y de la capacidad de los pulmones para eliminarlo. Por consiguiente, una hipoventilación pulmonar lleva a una presión parcial de anhídrido carbónico elevada (acidosis respiratoria) y al revés, una hiperventilación pulmonar produce una presión parcial de anhídrido carbónico disminuída (baseosis respiratoria).

El anhídrido carbónico, por lo tanto, es de gran importancia en el organismo ya que actúa en la regulación de la ventilación y del equilibrio ácido base.

El valor normal de presión parcial de anhídrido carbónico es de 38 a 42 mm Hg.

2.- Parámetro Metabólico:

Se efectúan las siguientes mediciones:

a) Base Buffer: Es la suma de proteinatos y bicarbonatos. Hay otros sistemas buffers en el líquido extracelular; pero por su concentración y/o pH al que actúan como tal, no se pueden incluir.

La Base Buffer es la encargada de amortiguar y transportar el ión hidrógeno a los órganos de eliminación cuando éste está aumentado en el líquido extracelular.

El valor normal para el plasma es de 42 mEq/L y de 48 mEq/L para una sangre que tenga una hemoglobina de 15 gs%, por lo tanto, el aporte de proteinato por parte de la hemoglobina es ± de 0,40 mEq por cada gramo de hemoglobina.

b) Exceso de Base: El exceso de base son los mEq de ácido fijo o base que hay que agregar a un litro de sangre para llevar su pH a 7,40.

El valor normal es de + 1 a -1 mEq/L.

Valores con signo + = Baseosis metabólica (agregado de base o déficit de ácido fijo).

Valores con signo - = Acidosis metabólica (agregado de ácido fijo o déficit de base).

Dentro del parámetro metabólico, el exceso de base es uno de los valores más representativos, pues no se necesita conocer la hemoglobina de la sangre en estudio para saber directamente el exceso o déficit de bases o

ácidos fijos.

c) **Bicarbonato actual o real:** Es la concentración de bicarbonato que existe en la sangre de un paciente en un momento dado, a su presión parcial de anhídrido carbónico, a su presión parcial de oxígeno y a su temperatura corporal.

Valor normal = 23 - 25 mEq/L

d) **Bicarbonato Standard:** Es la concentración del ión bicarbonato de la sangre, cuando la hemoglobina de esa sangre se encuentra 100% saturada con oxígeno, a una presión parcial de anhídrido carbónico de 40 mmHg y a una temperatura corporal de 37ºC, o sea, en condiciones standard.

Valor normal = 23 - 25 mEq/L

e) **CO_2 Total:** Representa la suma del anhídrido carbónico proveniente del: Acido Carbónico, Bicarbonatos y Carbaminocompuestos.

Valor normal = 25 - 27 mMol/L

Definición del Problema

Dentro de las normas existentes para la toma de pH y gases arteriales se sabe que los resultados de ésta se alteran si la muestra permanece expuesta a la temperatura ambiente más de 15 minutos.

En el quehacer hospitalario hemos observado que la muestra para este análisis es llevada al laboratorio por la persona designada para esta función, quien tiene a su cargo la recolección de todos los exámenes de laboratorio en 2 o 3 sectores, los que debe distribuir en los diferentes laboratorios del Hospital J.J. Aguirre. Esto hace por una parte que en algunas oportunidades la muestra de sangre arterial demore más de 20 minutos en llegar a su destino. Por otra parte, el traslado de la muestra al laboratorio no siempre se realiza en las condiciones adecuadas, vale decir en hielo, lo que nos ha hecho pensar que los resultados del examen no sean fidedignos.

Como la extracción de muestra de sangre arterial para este examen y el envío al laboratorio es responsabilidad de enfermería, pensamos que es importante comprobar si existen o no alteraciones clínicas significativas en los resultados del examen, las que podrían influir en la evolución del cuadro clínico del paciente.

Objetivos:

1. Estudiar la variación que experimentan los valores de gases y equilibrio ácido-base en muestras de sangre arterial pasado 30' de extraída la muestra y mantenida a temperatura ambiente.
2. Comparar los valores obtenidos del examen analizado de inmediato y el examen enviado 30' después de extraída la muestra estableciendo rangos de diferencia.
3. Establecer si las diferencias de los resultados obtenidos en cada parámetro y para cada paciente son significativas para el tratamiento y evolución del cuadro clínico.

Metodología

Para esta investigación se tomaron 50 pacientes adultos hospitalizados en el Servicio de Medicina del Hospital José Joaquín Aguirre a los que el médico les hubiese solicitado este examen y que no estuvieran recibiendo oxígeno, además, no se consideró edad, sexo, temperatura corporal ni diagnóstico clínico.

Las muestras fueron procesadas en la Sección de Gases y Equilibrio Acido Base del Laboratorio Central de este centro hospitalario.

Se explicó al paciente los objetivos del examen, ya que éste anticipa que el procedimiento le dolerá de modo que puede contener la respiración o aumentar su frecuencia hiperventilando.

De una misma punción se extrajeron para cada paciente dos muestras de sangre arterial de 2 cc cada una en jeringa de vidrio, previamente heparinizada con heparina sódica diluída al 15%. Se utilizaron agujas desechables.

La primera jeringa con la muestra se envió de inmediato al laboratorio, en un riñón, para ser analizada al momento. La segunda muestra, correspondió al grupo en estudio propiamente tal, fue enviada al laboratorio en un riñón, al igual que la muestra anterior, después de permanecer 30 minutos a temperatura ambiente en la clínica de enfermería para ser analizada entre los 35 a 45 minutos después de extraída.

Siempre se tuvo la precaución de retirar las burbujas de aire que hubiesen quedado en la jeringa, ya que el aire ambiental para Santiago tiene una tensión de O_2 aproximada de 140 mm Hg y una tensión de anhídrido carbónico prácticamente igual a 0, y si queda aire en la jeringa se equilibran los gases del contenido de la muestra con el aire ambiental. Esto hace que la tensión de anhídrido carbónico de la muestra disminuya. Si la muestra de sangre tiene un pO_2 original baja, ésta ascenderá y si la pCO_2 fuese alta, descenderá.

Además se tuvo la precaución de una vez tomada la muestra de sangre arterial de agitar suavemente la jeringa para que tome contacto la sangre con la solución de heparina.

Material Instrumental

El análisis en sangre arterial de los gases y equilibrio Acido-Base del presente estudio se hizo en un equipo Astrup, marca "Radiometer".

Descripción del Grupo en Estudio

Los 50 pacientes de esta investigación correspondió a un grupo cuyas edades fluctuaron de 19 a 86 años, con un promedio de edad de 63 años, siendo 66% mayores de 61.

El 54% correspondió a sexo masculino y 46% a sexo femenino.

El 100% de los pacientes presentaba patologías del

aparato respiratorio. El 20% de ellas además presentaban patologías agregadas derivadas de sistema cardiovascular, digestivo, metabólico, renal y sistema nervioso central.

El 84% de los enfermos estaban afebriles y el 16% presentaron alza de la temperatura corporal que fluctuaba desde los 37,3 ºC hasta 38,8ºC con un promedio de 38ºC.

Análisis de los Resultados

Con el fin de facilitar la descripción se denominará muestra 1 (M_1) a la procesada inmediatamente de extraída la sangre arterial, con una espera mínima de tiempo a temperatura ambiente y muestra 2 (M_2), a la procesada después de 30 minutos de extraída la sangre permaneciendo todo este tiempo a temperatura ambiente.

Al observar los resultados de la Tabla I podemos ver que el parámetro que se altera más bajo la acción del tiempo a temperatura ambiente, en muestra 2, a tal extremo de cambiar de rango, es la saturación de O_2 y el que menos modificaciones sufre es el exceso de base.

El rango de variación de las diferencias entre la primera y la segunda muestra también es distinto para cada parámetro (Tabla II). Cero variación, es decir, iguales valores en las muestras 1 y 2, se observan en 3 casos para PO_2 y PCO_2; 2 casos de Bicarbonato actual, Bicarbonato Standard y Exceso de Base; sin embargo, no interesa comparar los diversos parámetros entre ellos pero sí hacer notar que el tiempo de espera para el procesamiento de una muestra de sangre arterial a temperatura ambiente ejerce influencias sobre éstas hasta tal punto que los valores pueden

TABLA I

PORCENTAJE DE MUESTRAS SANGUINEAS QUE CAMBIAN EL VALOR DEL PARAMETRO BAJO LA ACCION DEL TIEMPO A TEMPERATURA AMBIENTE (Nº 50 PACIENTES)

Parámetros	% que en M_2 se mantiene en el rango que en M_1	% que en M_2 cambia de rango en relación a M_1	Total %
PO_2	74	26	100
Sat. 0_2	66	34	100
PCO_2	80	20	100
pH	70	30	100
$[H^+]$	74	26	100
Bicarbonato St	78	22	100
Bicarbonato actual	82	18	100
Exceso de Base	84	16	100

TABLA II

RANGO DE VARIACION EXPERIMENTADO POR CADA PARAMETRO MUESTRA 2 EN RELACION MUESTRA 1

Parámetro	Rango de diferencias entre M_1 y M_2	Nº de casos que no varían	X diferencias
PO_2	0 a 15	3	6
Sat. 0_2	1 a 16	0	5
PCO_2	0 a 11,5	5	3,5
pH	0.004 a 0.134	0	0,05
$[H^+]$	0.4 a 14	0	4,3
Bic. actual	1,3 a 5,5	2	2,8
Bic. St.	1,5 a 4,1	2	2,1
Exceso Base	0 a 7,4	2	2

cambiar notoriamente.

Como puede apreciarse en la Tabla III los resultados obtenidos en ambas determinaciones son diferentes. Los valores de presión parcial de oxígeno (PO_2), saturación de oxígeno (Sat. O_2); pH; Bicarbonato actual, Bicarbonato Standard y Exceso de Base, son menores en la muestra 2 en relación a la 1, con algunas excepciones. La presión parcial de bióxido de carbono (PCO_2) y en Hidrógeno [H^+], por lo tanto, observan valores más altos en la muestra 2 que en la 1.

Al analizar el sentido en que se afectan los valores entre dos muestras cuya única diferencia es el tiempo de espera a temperatura ambiente para ser procesada en el laboratorio, se puede destacar los siguiente:

A) PO_2:

En el 22% de los pacientes el valor está dentro de los rangos de normalidad pero al considerar la muestra 2 aparecen por debajo de lo normal, sólo en un caso (2%) el valor real está sobre los rangos normales y en la muestra 2 aparece normal.

Un 74% se mantiene dentro del mismo rango, de éstos el 64% está bajo límites de normalidad y un 20% dentro de la normalidad.

B) SAT.O_2:

El 10% de los pacientes observan valores dentro de los rangos de normalidad a causa de la acción de la variable tiempo (M_2). Un 8% tiene valores reales por debajo de lo normal pero son calificados como normales en M_2.

Un 16% de los pacientes de valores superiores a los rangos de normalidad son calificados en la M_2 en "Bajo lo Normal".

En suma, los resultados distintos entre las dos muestras afectan al 34% de los pacientes estudiados lo cual se traduce en una conducta distinta a la que se debiera tener en el tratamiento al paciente.

En un paciente con un valor real inferior a lo normal aparece como sobre lo normal.

c) PCO_2:

Si bien en el 80% de los casos las variaciones se dan dentro de los mismos rangos (por debajo de lo normal, dentro de lo normal, sobre lo normal) el 20% restante sí sufre consecuencias importantes.

En el 12% de los pacientes el valor real es inferior al rango de normalidad pero por los resultados de M_2 son calificados como "normales".

El 6% presenta un valor real normal, pero aparece como "sobre rangos de normalidad en M_2".

D) pH:

En el 70% de los pacientes las variaciones se dan dentro de los mismos rangos ya que el 54% de estos se mantiene sobre niveles de normalidad, en 8% por debajo de esto y una proporción semejante dentro de los límites de normalidad.

En el 30% restante de los pacientes, sin embargo, hay diferencias en M_1 y M_2 que podrían llevar a conductas diferentes frente al tratamiento.

El 8% de los pH reales "normales", son calificados como "bajo la normalidad" considerando una valoración viciada por un mayor tiempo de espera a temperatura ambiente.

Un 14% se considera como normal cuando el valor real está sobre lo normal.

TABLA III

SENTIDO DE LA VARIACION PROMEDIO Y DESVIACION STANDARD DE LAS DIFERENCIAS PARA CADA PARAMETRO

Parámetro	Valores Muestra 2 en relación Muestra 1	Promedio de	Fn-1 de las diferencias
Presión Parcial 0_2	Menores	5,79	3,59
Saturación de 0_2	Menores	4,92	3,38
Presión $C0_2$	Mayores	3,38	2,986
pH	Menores	0.0492	0,0323
[H^+]	Mayores	4,26	3.191
Bicarbonato actual	Menores (74% de los casos)	1,14	1,638
Bicarbonato St	Menores	1,41	1,414
Exceso Base	Menores	1,87	1,670

Un 8% de los pH tienen valores reales sobre lo normal, sin embargo, son calificados inferiores a lo normal.

e) [H⁺]:

El 26% de los pacientes sufre las consecuencias de valores diferentes entre las dos muestras: en el 10% de los casos el valor real es bajo lo normal, pero al considerar el resultado de la M_2 son calificadas como "normal". Otro 10% de un valor real "bajo lo normal" es considerada "sobre lo normal". Un 6% de los pacientes con [H⁺] normal es calificado por el resultado de M_2 como "sobre lo normal".

f) Bicarbonato actual:

Los resultados sufren modificaciones importantes para el 18% de los pacientes. Un 6% de ellos de un valor real "sobre lo normal" es calificado "normal". Un 4% de los pacientes realmente presentan un Bicarbonato actual normal pero M_2 señala "bajo lo normal".

Finalmente, en un caso de "sobre límites de normalidad" como resultado de M_1, se considera "bajo lo normal".

g) Bicarbonato Standard:

La diferencia entre M_1 y M_2 es trascendente para un 22% de los pacientes analizados. La mayor proporción de errores (10%) se presenta al considerar "bajo lo normal" a pacientes con bicarbonato St. normal en circunstancias de valor real, "sobre lo normal" pero el resultado de M_2 es "normal". Finalmente, en un caso de sobre normal (M_1) se valora como "bajo lo normal".

h) Exceso de Base:

Las diferencias entre M_1 y M_2 mantienen al 84% de los pacientes dentro de los mismos límites, ya sea: sobre normales, normales, o bajo normal. Sin embargo, para uno de cada 10 pacientes el valor real es "normal" pero es clasificada "bajo lo normal". Un 4% es clasificado como "normal" siendo su verdadero valor "sobre lo normal". Un paciente de valor "normal" es clasificado en M_2 "sobre lo normal".

Si el médico se basa en los resultados del examen analizado tardíamente, para dejar sus indicaciones éstas no corresponderán a las condiciones clínicas del paciente.

Conclusiones

- EL 100% de los exámenes experimentan modificaciones en alguno de sus parámetros.
- Valores normales en la primera muestra se hacen patológicos en la muestra analizada 30 minutos después.
- Valores patológicos en la primera muestra se hacen normales en la muestra analizada 30 minutos después.
- Pasado 30 minutos de espera del examen a temperatura ambiente hay alteraciones importantes en él.
- El 74% de las muestras que fueron analizadas 30 minutos después de extraídas experimentan modificaciones sobre un 10% en algunos parámetros, lo que para el paciente es significativo.

BIBLIOGRAFÍA

- *Guerisoli-Rinaldi Fabbri-Adroque. Estado ácido base y terapia intensiva. Editorial Médica. Argentina, 1974.*
- *Shapiro. Manejo Clínico de los gases sanguíneos. Editorial Médica Panamericana S.A., 1977.*
- *Stanley Mikal. Homeostasis en el hombre. Editorial El Ateneo B.A., 1972, pp. 53-63.*
- *Villar Palasi, Juan. Métodos seleccionados de análisis clínicos. Vol. V Editorial Aguilar Sociedad Anónima. Madrid, pp. 222-235, 1969.*
- *Frances K., Widmann, Intrepretación clínica de las pruebas de laboratorio. Editorial JIMS, Barcelona., año 1976 pp. 162-176.*
- *P. Lawin. Cuidados intensivos. Salvat Editores S.A. Reimpresión 1975, pp 182 a 200.*
- *Ganong, William. Fisiología Médica. Tercera Edición. 1971, pp. 543-572.*