

Mediciones de laboratorio y parámetros en la patología del estado ácido base

Por el Dr.: ANDRÉS OLIVÉ BADOSA(*)

En el estudio de la deshidratación del lactante y de los disturbios del estado ácido base en particular, el pediatra se guía por el laboratorio, que le da en cada momento la situación metabólica.

En los últimos años ha experimentado grandes cambios, más técnicos que conceptuales, gracias a un instrumental más ágil y preciso. Las técnicas antiguas e imprecisas han sido substituidas por otras más exactas y fáciles de ejecutar, llegando a un grado de automatismo con el empleo de los modernos computadores electrónicos, manejables por cualquier subalterno; lo que representa un extraordinario progreso que se traduce en los resultados terapéuticos.

Pero la facilitación técnica entraña el peligro de convertir las nuevas generaciones médicas en meros ejecutantes con la consiguiente desvinculación de las bases teóricas y fundamentales, que deben conocer todos los médicos que se precien de cultos.

En este Trabajo exponemos una breve panorámica de los Parámetros utilizados en la Patología del estado ácido Base, considerados tanto individualmente como agrupados en Constelaciones analíticas, comenzando por los más antiguos o clásicos, en cuanto que fundamentos de los más modernos que, en

último término no son más que modificaciones de aquéllos.

El bicarbonato en general.

El bicarbonato constituye el dato fundamental del equilibrio ácido base. El bicarbonato existe en la sangre en cantidad fija, gracias a un fino mecanismo de eliminación-reabsorción renal, adaptada a las necesidades de cada momento.

Considerado como parámetro, el concepto de bicarbonato es algo distinto según hablemos en terminología química pura o clínico biológica, mientras el bicarbonato químico tiene un sentido estricto, el bicarbonato biológico, al que vamos a referirnos mayormente, es más amplio e inexacto por abarcar además diversas formas químicas de bicarbonato potencial.

El bicarbonato constituye el dato más antiguo y útil del estado ácido base, en razón de ser el único anión plasmático con actividad tampon importante. Aunque sería de desear la medición directa, ésta por lo dificultosa no se realiza utilizándose en su lugar métodos indirectos de más fácil ejecución cuyos resultados, aunque no exactamente iguales a aquél, tienen el mismo significado.

Algunos de estos parámetros son manejados en los tratados con cierto con-

(*) Médico pediatra del Hospital de la Santa Cruz y San Pablo, Barcelona, España.

fusionismo, lo que no contribuye ciertamente a clarificar conceptos. Así sucede con las expresiones de: bicarbonato actual, bicarbonato standard, reserva alcalina, contenido total de CO_2 , capacidad de combinación del plasma, poder de combinación, base exces, base tampón, etc. Algunos de ellos significan el mismo dato. Otros difieren en una cantidad a menudo pequeña pero extraordinariamente significativa en la valoración de los procesos respiratorios. Finalmente otros son variantes modernos de los clásicos, producto de técnicas más exactas. De todos ellos vamos a ocuparnos a continuación.

Comenzaremos por exponer:

El contenido total de CO_2 .

El poder de combinación del plasma por el CO_2 .

La capacidad del plasma para el CO_2 .

Aunque se trata de métodos en desuso, queremos dar nota de ellos por constituir los fundamentos de los parámetros más modernos que expondremos más adelante.

El contenido total de CO_2 . Concepto.

Por tratarse de una medición indirecta no indica el bicarbonato estricto, pero sí el admitido en el sentido corriente que se utiliza en clínica, con un pequeño margen de error que comentaremos.

Como su nombre indica, el contenido total de CO_2 o gas carbónico total, abarca la totalidad de CO_2 del plasma que se puede extraer con un ácido fuerte (ácido sulfúrico), en todas sus formas posibles, que despreciando las indiciarias, quedan reducidas a las de dos fracciones:

CO_2 derivado del bicarbonato.

CO_2 derivado del ácido carbónico.

El primero constituye la casi totalidad del CO_2 plasmático, por lo que en la práctica ambas cifras: bicarbonato y contenido total de CO_2 , se dan como sinónimas.

El CO_2 del ácido carbónico plasmático, también llamado gas carbónico disuelto, existe en una pequeña cantidad que en circunstancias normales se evalúa en 1,3 mEqs litro, variando específicamente en los disturbios respiratorios.

El bicarbonato estricto será pues el resultado de restar del contenido total la pequeña fracción del ácido carbónico.

Datos técnicos y valores obtenidos.

Aunque para una estricta exactitud sería deseable obtener sangre arterial, en la práctica corriente no resulta factible, debiendo hacerlo con sangre venosa.

Para esta medición se opera sobre sangre total, o plasma verdadero (véase más adelante), a temperatura de 38° y PCO_2 de 40 mmg. (sin equilibración previa), procurando evitar pérdidas de gas en las manipulaciones (microgasómetro de Natelsen).

En realidad no pueden evitarse pequeñas pérdidas entre 0,3-1 mEq. litro, por contacto con el aire, aun en extracción en aceite mineral (en realidad el aceite absorbe gas, algunos dicen que bastante), o por remoción o centrifugación; o por la temperatura (las bajas temperaturas aminoran las pérdidas).

A pesar de las imperfecciones expuestas la medición del contenido total de CO_2 es un dato útil y aun muy utilizado por lo asequible; aun con el pequeño margen de error citado, es suficiente en la práctica general.

Valor equivoco del contenido tomado aisladamente.

El valor del contenido total de CO_2 tomado aisladamente es equivoco por tratarse como dijimos de una cantidad heterogénea, suma de: Bicarbonato (la

principal), que normalmente se evalúa en 27 mEq litro) y ácido carbónico (pequeña fracción normalmente de 1,3 mEq litro).

El equívoco aumenta en circunstancias patológicas en que ambos pueden variar por separado:

Aumento del bicarbonato en acidosis metabólica.

Aumento del ácido carbónico en acidosis respiratoria.

Disminución del bicarbonato en acidosis metabólica.

Disminución del ácido carbónico en alcalosis respiratoria.

Por tanto, un contenido alto, igual puede expresar una acidosis respiratoria que una alcalosis metabólica.

Y viceversa, un contenido bajo igual indica una alcalosis respiratoria que una acidosis metabólica.

Por donde se ve en los procesos metabólicos una variación de sentido opuesto a los respiratorios.

En consecuencia el contenido total de CO_2 tomado aisladamente no señala la índole (metabólica o respiratoria), del disturbio.

Para subsanar esta imperfección hay que apoyarse en la clínica; si por la anamnesis o por la clínica conocemos con toda certeza la causa primitiva del desequilibrio ácido base (por ej. una sobrecarga de suero bicarbonatado; o una acidosis metabólica por diarrea), la cifra del contenido total de CO_2 tendrá un valor concreto. Pero en casos dudosos y nada infrecuentes se corre el riesgo de una interpretación errónea (como en la hiperpnea supuestamente acidótica pero realmente de alcalosis primitiva); entonces la deducción terapéutica sería desastrosa. Para obviar estos inconvenientes será necesario disponer de otros parámetros complementarios. El pH, el poder de combinación, la PCO_2 etc., como luego veremos, que leídos en

constelación proporcionan una seguridad absoluta.

Poder de combinación del plasma con el CO_2 o reserva alcalina.

Con este parámetro se mide el CO_2 del bicarbonato del plasma o con combinados sólidamente con el anión Cl. De donde la denominación de anión que durante muchos años ha sido la prueba más utilizada y tradicional en los desequilibrios ácido base, siendo aun empleada en comprobaciones de rutina, si bien cada vez más desplazada por técnicas más modernas y exactas.

Conviene precisar lo que debe entenderse por reserva alcalina del plasma.

En el plasma normal casi todos los cationes (Na.K.Ca.Mg.), están combinados sólidamente con el anión Cl. De donde la denominación de anión fijo (100 mEq litro), y cationes fijos (también se dice bases fijas, lo que es impropio por cuanto, aparte de que en realidad todos los cationes, excepto el NH_4 y H, son fijos, químicamente no son tales bases ni intervienen en las reacciones de amortiguación ácido base).

Hemos dicho casi todos, porque existe una fracción (27 mEq litro) combinada con el anión amortiguador bicarbonato que por su labilidad de unión deja fácilmente disponible este ion, para las emergencias del estado ácido base.

La cuantía de bicarbonato expresada en términos de poder de combinación de la sangre con el catión correspondiente, constituye la reserva alcalina que se mide indirectamente midiendo la cantidad correspondiente (anión y catión se equivalen químicamente).

En circunstancias de normalidad ácido base, conociendo los valores del gas carbónico disuelto (alrededor de 1,2 mEq litro, a 37° ; o 1.8 a 20°), y restandolos del contenido total de CO_2 se obtiene la cifra de la reserva alcalina

o poder de combinación; o en otra terminología, la cifra del bicarbonato real.

Datos de técnica y crítica.

(*Van Slyke y Cullen*). La medición de la reserva alcalina se hace con una técnica inexacta y poco precisa, por lo que los resultados son poco confiables.

Distintamente del contenido, se opera sobre plasma separado (método inferior, como veremos), a la temperatura ambiente (que altera la cifra del CO_2 disuelto en el plasma), equilibrando la muestra con el aire del ayudante, que se supone igual al aire alveolar, es decir, con una PCO_2 de 40 mmg., y una concentración de CO_2 de 5,5 por 100; lo cual no es cierto pues, aparte de su composición inconstante, el aire expirado tiene una PCO_2 más baja, a menudo entre 25-15 mmHg.

Por lo demás la temperatura de equilibración debiera ser exactamente de 38° puesto que por debajo de esta cifra, al aumentar el coeficiente de disolución del gas, aumenta igualmente la cifra de CO_2 disuelto: de 1,2 milimols litro a 38° (coeficiente disolución de 0,131), a 1,8 milimols litro a 20° (coeficiente de 0,046).

A estas imperfecciones técnicas hay que añadir, igual que dijimos con el contenido, algunas pérdidas inevitables de gas antes de la equilibración, con las maniobras de agitación, centrifugación y simple exposición al aire; de donde se desprende la poca exactitud de este parámetro.

Al margen de la impresión, la reserva alcalina es un dato útil para conocer la magnitud de una acidosis o alcalosis metabólica, pero no da ninguna información sobre las variaciones respiratorias (ni primitivas ni de compensación).

Capacidad del plasma para el CO_2 .

Parecido al anterior (medición del bicarbonato del plasma), difiere por su

técnica más exacta, en busca de condiciones más parecidas a las de la sangre arterial. Así se opera a temperatura corporal de 38° , sobre el plasma verdadero (detalle fundamental), separado de los glóbulos anaerómicamente para evitar pérdidas de CO_2 .

La equilibración se hace con una fase gaseosa exactamente determinada, conteniendo 5,5 por 100 de CO_2 , siendo la PCO_2 de 40 mmHg. es decir idéntica al aire alveolar. El plasma se combina con el CO_2 todo lo que la tensión le permite, determinándose a continuación la concentración de CO_2 . La capacidad se puede determinar también con el nomograma, conociendo el contenido total de CO_2 y el pH.

Diferencia Fundamental=Plasma verdadero y plasma separado.

La diferencia de operar con plasma verdadero o sangre total (como en la capacidad de combinación), o con plasma separado (como en el poder de combinación o reserva alcalina), es fundamental.

Con el plasma separado la equilibración con mezcla gaseosa y análisis subsiguiente, se hace después de la separación de los hematíes, con lo que se prescinde del tampón mayor y más eficaz de la sangre: la Hemoglobina, que reside en los hematíes, quedando sólo el tampón plasmático, de escasa capacidad de transporte y poder amortiguador. Como plasma verdadero entendemos el obtenido de sangre total, es decir, en contacto con los hematíes, en equilibrio gaseoso y electrolítico con ellos, con el que se procede a la equilibración antes de la separación de los hematíes. En tales condiciones se han tenido en cuenta el buffer de la hemoglobina que, sobre ser el más eficiente de la sangre, constituye el verdadero transporte del CO_2 .

La cifra problema es la contenida antes de la equilibración. La equilibración se realiza instrumentalmente buscando una PCO_2 de 40 mmHg., con la participación activa de los hematíes ejerciendo poder tampón. De existir inicialmente una PCO_2 elevada, parte del gas se pierde en la equilibración disminuyendo el contenido y subiendo el pH. Si contrariamente la PCO_2 era inicialmente baja, en la equilibración la sangre capta gas subiendo el contenido y descendiendo el pH.

Valores normales.

En estado de equilibrio ácido base, es decir en ausencia de disturbio metabólico y respiratorio, sendos valores de: Contenido, capacidad y poder son casi idénticos (diferencias de 1 mEq/litro): 24-33 mEq/litro (promedio 28) (valores algo más bajos: 20-22 mEq/litro, en el lactante) o 62 Vols por 100 (53-78), ó 23-28 mosM/litro; siendo el primero (mEq/litro), el parámetro más utilizado en la práctica. En esta cifra va incluida una pequeña partida de 1,3 mEq/litro (o 3 Vols por 100), correspondiente al ácido carbónico.

(Valor aproximado = 1 mEq/litro, a 40 mmHg y 38°) (algo mayor en la sangre venosa que la arterial). Si restamos esta cifra del contenido total obtendremos la del bicarbonato verdadero. Se han señalado variaciones fisiológicas del bicarbonato, de hasta 4 mlimol/litro, de un día a otro.

Igualmente entre el plasma verdadero y plasma separado hay diferencias de varios milimol/litro.

Valores en circunstancias patológicas.

En circunstancias patológicas estas cifras sufren alteraciones en más o en menos, según la intensidad del disturbio; siendo los valores del contenido y capacidad las que manejaremos mayor-

mente, concordantes o discordantes según la índole metabólica o respiratoria del desequilibrio ácido base. Así mientras en los procesos metabólicos puros ambos pueden estar elevados o descendidos, pero permaneciendo siempre iguales en los disturbios respiratorios sean primitivos o de compensación, ambos valores (contenido y capacidad), son desiguales.

Contenido y capacidad en los trastornos metabólicos puros.

Las alteraciones metabólicas puras, es decir, descompensadas, (sin interferencias respiratorias aún, pueden identificarse mediante las cifras de contenido y capacidad. Así:

En la acidosis metabólica, el contenido y capacidad estarán descendidos e iguales, y tanto más bajos cuanto más intensa sea la acidosis. Y viceversa, en la alcalosis metabólica, estarán elevadas e iguales siendo el grado de elevación índice de la magnitud de la alcalosis. Tratándose de alteraciones metabólicas puras, la ausencia de disturbios respiratorios compensadores ($P_{CO_2}=40$), hace innecesario la equilibración pues la sangre no retiene ni desprende CO_2 .

La pequeña fracción de ácido carbónico citada (alrededor de 1 mEq/litro) no modifica apenas la cifra total del contenido, que podrá ser tomada como expresión del bicarbonato.

Contenido y capacidad en los disturbios respiratorios.

Cuando hay un disturbio respiratorio presente (sea primitivo o de compensación), entonces la P_{CO_2} es alta (superior a 40 mmHg; acidosis respiratoria), o baja (< 40 mmHg), (alcalosis respiratoria).

En ambos casos la muestra de sangre a analizar tiende, en virtud de la dis-

tinta presión del CO_2 a ceder a absorber gas respectivamente, en varios mEq/litro de ácido carbónico. Así mientras en la acidosis respiratoria, a la cifra normal del bicarbonato se añade la del ácido carbónico incrementado, en la alcalosis respiratoria la fracción ácido carbónico será exigua. En estas condiciones la cifra del contenido total no puede ser tomada como expresión del bicarbonato.

Para obviar este inconveniente se procede a la maniobra de equilibración o saturación con tensiones conocidas de CO_2 con la que distintamente a los disturbios metabólicos, se obtienen datos de contenido y capacidad desiguales y con correlaciones cuantitativas mutuas significativas, distintas según cada situación, que nos permiten identificar el sentido acidótico o alcalótico del disturbio respiratorio, así como de la descompensación. Así, en la acidosis respiratoria ($\text{P CO}_2 > 40$), el contenido será alto (a expensas del aumento del ácido carbónico).

La capacidad será normal. Siendo:

Contenido $>$ capacidad.

En la alcalosis respiratoria ($\text{P CO}_2 < 40$), el contenido será bajo (a expensas de la disminución del ácido carbónico).

La capacidad será normal.

Siendo: Contenido $<$ capacidad.

Bicarbonato actual y bicarbonato standard.

Partiendo de estas ideas básicas, pero mejorando las técnicas (*Astrup*), modernamente se mide el bicarbonato actual y el bicarbonato standard, cuyo significado respectivo es como sigue:

El bicarbonato actual es el bicarbonato que hay en la sangre problema, con las variaciones que imprimen los procesos respiratorios y metabólicos; de ahí su denominación de bicarbonato actual o real.

El bicarbonato standard registra la reserva de bases fijas obtenido del plasma de sangre total, o dicho en otros términos: El bicarbonato que contendría la sangre capilar después de la oxigenación completa de la hemoglobina, a PCO_2 y 37° , con lo que elimina la influencia respiratoria cuyo sentido modificante del bicarbonato ya vimos.

Entonces, el bicarbonato standard refleja únicamente las alteraciones metabólicas descompensadas, desplazando a la reserva alcalina.

El valor normal es de 23 mEq/litro, con una amplitud algo menor que del contenido (entre 21-25). Más adelante volveremos a insistir en estos parámetros.

La Base Exces.

Modernamente se ha introducido un nuevo parámetro de gran interés no sólo diagnóstico sino también terapéutico (medición de soluciones correctoras): El base exces (exceso de bases, que se define como el exceso de ácido o base (en mEq), que hay que añadir a un litro de sangre normal para obtener el resultado hallado.

Como se ve, la denominación exceso de bases, no es afortunada, pues sólo hay exceso en la alcalosis; mientras que en la acidosis habrá defecto, o si se quiere valores negativos.

La medición se hace por titulación a $\text{PH } 7,40$ y PCO_2 de 40 mmHg:

Con ácido fuerte para los valores positivos.

Con una base fuerte para los valores negativos.

El Base exces se lee mejor en el nomograma (véase más adelante).

Aunque teóricamente la normalidad es de 0, puede aceptarse una amplitud entre $-2,3 + 3$. Aunque en el exceso de base no hay influencia respiratoria (ácidos y bases no volátiles), el dato

no es del todo independiente de la PCO_2 .

En la acidosis respiratoria cuyos valores son negativos, se truecan en positivos al compensarse.

Base Buffer o base tampón

Se entiende como tampón Singer Hastings en sangre total, la suma de cationes tampón y aniones tampón (en mEq), que comprenden el bicarbonato, proteínas, hemoglobina, fosfato (algunos autores admiten sólo los aniones tampón); es decir el resultado de añadir al tampón bicarbonatado todos los demás (los fosfatos orgánicos son excluidos por algunos).

La cantidad normal se evalúa entre 45-55 mEq litro, con un promedio de 50. Más adelante veremos la técnica de obtención en el nomograma.

El pH. cifras normales.

Normalmente el pH de la sangre discurre entre 7.35 - 7.45. Aunque en lo químico cae ligeramente del lado alcalino, estas cifras representan la neutralidad biológica.

Por debajo de 7.35 indica una situación de acidosis, y por encima de 7.45 de alcalosis. Los límites máximos del pH en circunstancias patológicas oscilan entre 7.17.8, que se consideran límites vitales (o 6.5-7.9 como valores extremos).

En realidad con el pH medimos la acidemia o alcalemia (que son puramente datos de laboratorio), siendo la acidosis y alcalosis las enfermedades resultantes; pero el uso ha consagrado estos vocablos como indicadores de ambos.

El pH de la sangre equivale al plasma verdadero. En la sangre venosa es de algunas centésimas de U. más bajo

que en la arterial, por contener más ácido carbónico disuelto.

El pH intracelular se inclina a la acidez (6.8-7), como consecuencia de la escasez de bicarbonato.

Medición y técnica.

Existen diversos procedimientos para medir el pH de la sangre. Otros de medición directa, otros indirecta.

La lectura directa del pH puede hacerse con método colorimétricos que resultan imprecisos; siendo mejor los electrométricos o potenciométricos, con electrodos de H de gran precisión (de hasta 0,005 de pH), siendo modernamente utilizado el método de *Astrup*.

La técnica debe ser muy cuidada en evitación de errores, que de producirse darían lugar a nuevos errores, en cadena, al deducir por nomograma otros parámetros, como veremos. Por ello todas las manipulaciones deben ser hechas con gran pulcritud. La extracción de sangre debe ser rápida, sin éstasis sanguíneo, pues de lo contrario se pierde CO_2 ; o se forma lactato al descomponerse la lactosa.

La medición indirecta se hace nomograma, conociendo la PCO_2 y el contenido total de CO_2 . O también conociendo previamente el contenido total de CO_2 y la capacidad de combinación (*Davenport*).

El poder de combinación no sirve como dato de partida debido a la inexactitud del mismo, como ya vimos.

La medición indirecta resulta muy cómoda; evitando las posibilidades de error técnico apuntadas.

Limitaciones y críticas.

El pH aisladamente considerado indica la existencia de acidosis o alcalosis absoluta, pero no señala en tipo me-

tabólico o respiratorio de la perturbación ni es primitiva o de compensación. Tampoco señala el grado mayor o menor de acidosis intracelular.

Conjugación pH, con el contenido total de CO₂ y el bicarbonato.

Para identificar el tipo metabólico o gaseoso del disturbio, debe conjugarse el pH con otros parámetros, principalmente el contenido total de CO₂ (o sus equivalentes expuestos).

Así, un pH bajo (acidosis) indicará:

Acidosis respiratoria: Cuando el contenido total de CO₂ esté elevado, y acidosis metabólica: cuando esté descendido.

Y viceversa:

Un pH alto corresponderá a:

Alcalosis metabólica: si el contenido total de CO₂ está elevado.

Alcalosis respiratoria: si está descendido.

A la P CO₂ = 40 existe una correlación estricta entre pH y bicarbonato que puede establecerse en las siguientes tablas de correspondencia:

pH 7,50	Bicarbonato 31 mEqs litro
7,40	24
7,30	12
7,20	19
7,10	15

El ácido carbónico.

El ácido carbónico es producto de la reacción: CO₂ + H₂O = CO₂H₂ (por anhidrasa carbónica, existiendo en virtud de su difusibilidad, en igual cantidad en el plasma que en los eritrocitos; lo que no ocurre con el bicarbonato). Dada la tendencia del ácido carbónico plasmático a combinarse con las sales dando carbonatos, el ácido carbónico resta en el plasma en pequeña cantidad

(1,3 mEqs litro), en forma molecular, es decir, no disociado. Sólo una pequeña parte se disocia en sus iones H y CO₂H, lo que no por exigua deja de tener una importante función en el mantenimiento del equilibrio ácido base.

Distintamente al hemático, el plasma carece de anhidrasa carbónica. Cuando hablamos de ácido carbónico nos referimos en realidad al gas carbónico o CO₂ disuelto, el cual no se mide directamente como tal, vieniendo representado por la P CO₂ con la que es directamente proporcional, siendo en la práctica ambos valores considerados como sinónimos. La cuantía del ácido carbónico o CO₂ disuelto en el plasma puede expresarse en diversas unidades mEqs litro, mMols litro, mosMs litro, Vols por 100, o como P CO₂ (en mms Hg), que es la forma más corriente utilizada.

Exponemos a continuación algunas fórmulas de conversión, de utilidad práctica:

1 Vol por 100 equivale a 7 mm Hg.

Los milimoles de CO₂ litro se obtienen según la fórmula:

$$\frac{\text{Vol } \% \times 10}{22,4}$$

Cantidad de CO₂ disuelto = PCO₂ × K (constante = 0,0301).

Se considera como valores normales:

2,8 Vol por 100.

1,2 mEqs litro (a PCO₂ 40).

PCO₂ = 40 mmHg (entre 35-48). En los lactantes esta cifra puede ser 3-5 mm. menor que el adulto.

En la acidosis respiratoria y debido a la gran difusibilidad del gas, al practicar la toma de sangre venosa para el contenido total de CO₂ (y mediciones afines), se produce un escape de CO₂ que se evalúa entre 0,3-1 mEqs litro.

Relación: Bicarbonato ácido carbónico.

Conociendo las cifras (en mEqs litro) de bicarbonato y ácido carbónico, se

deduce la relación mútua: $\frac{\text{bicarbonato}}{\text{ácido carb.}}$

cuyas cifras normales $\frac{27 \text{ mEqs litro}}{1.3 \text{ mEqs litro}}$,

nos dan la relación $\frac{20}{1}$

Todas las circunstancias que aumenten el numerador (sin modificar el denominador) = alcalosis metabólica descompensada, o con aumento de éste, de escasa cuantía = alcalosis metabólica parcialmente descompensada, determinan el aumento de la razón $\frac{\text{bicarbonato}}{\text{ácido carb.}}$ por encima de 20.

Todas las circunstancias que disminuyen el numerador (sin modificar el denominador) = acidosis metabólica descompensada, o con disminución de éste de escasa cuantía = acidosis metabólica parcialmente compensada, determinan el descenso de la relación $\frac{\text{CO}_2 \text{ H Na}}{\text{CO}_2 \text{ H}_2}$ por debajo de 20.

Todas las circunstancias que aumentan el denominador (sin modificar el numerador) = acidosis respiratoria descompensada, o haciéndolo solo ligeramente = acidosis respiratoria parcialmente compensada, determinan el descenso de la relación $\frac{\text{CO}_2 \text{ H Na}}{\text{CO}_2 \text{ H}_2}$ por debajo de 20.

Todas las circunstancias que disminuyen el denominador (sin modificar el numerador) = alcalosis respiratoria descompensada, o con disminución moderada del mismo = alcalosis respiratoria parcialmente compensada, de-

terminan el aumento de la relación

$\frac{\text{CO}_2 \text{ H Na}}{\text{CO}_2 \text{ H}_2}$ por encima de 20.

La P CO₂. Nociones.

La P CO₂ es la presión parcial del CO₂ en el aire del alvéolo pulmonar, que como acabamos de decir equivale al CO₂ disuelto en la sangre arterial (o ácido carbónico), con el que está en equilibrio tensional. Como cualquier presión parcial de un gas, la P CO₂ depende solo del número de moléculas disueltas en un volumen dado, y a una determinada temperatura.

La P CO₂ es el estimulante respiratorio más importante, aunque no el único. Al ascender su valor, aumenta la ventilación pulmonar, y viceversa. Y a su vez el incremento de la ventilación hace descender la P CO₂.

Medición y valor normal.

Dada la dificultad técnica de conocer directamente la P CO₂ de la sangre y del alvéolo pulmonar, se utiliza para su medición, métodos indirectos deducibles por el nomograma de *Siggard Andersen*, conociendo el pH y el contenido de CO₂. El resultado se indica en mmHg, siendo los valores normales de 40 mmHg (entre 35-48); algunos más elevados en sangre venosa.

Significación y limitaciones.

El gran valor químico de la P CO₂ estriba en su alteración exclusiva en los procesos respiratorios o gaseosos (acidosis y alcalosis respiratoria), permaneciendo inalterado en los metabólicos (acidosis y alcalosis metabólica); excepto naturalmente cuando se compensan con un disturbio respiratorio cuya aparición señala la P CO₂.

Todo lo cual es de un extraordinario valor indicativo.

Así la $P\text{ CO}_2$ alta indica acidosis respiratoria, hipercapnia o hiperventilación en sus diversas gradaciones:

40 mmHg, en que comienza la acidosis respiratoria.

50 mmHg, en que añade la insuficiencia respiratoria (la respiración se triplica, a 50 mmHg).

65 mmHg, en que el centro respiratorio deviene insensible.

80 mmHg, con trastornos de la conciencia.

120 mmHg, valor máximo posible alcanzado con la hipoventilación.

En las elevaciones de la $P\text{ CO}_2$, en la toma de sangre para la determinación del contenido total de CO_2 (y reacciones afines), se produce una fuga de una pequeña cantidad de CO_2 , lo que corresponde a la situación de: Capacidad < contenido.

Y en escala descendente:

40 mmHg, indica alcalosis respiratoria, hipocapnia o hiperventilación (primitiva o de compensación de la acidosis metabólica).

30 mmHg, rebaja la respiración a un cuarto.

20 mmHg, peligro inminente de coma alcalótico.

15 mmHg, valores mínimos posibles alcanzados con la hiperventilación voluntaria.

Igualmente en los descensos de la $P\text{ CO}_2$ en la toma de sangre venosa para determinar el contenido total de CO_2 se produce una absorción de una pequeña cantidad de CO_2 lo que corresponde a la situación de:

Capacidad > contenido.

La cifra anómala de la $P\text{ CO}_2$ no indica, pero si el disturbio respiratorio es

primitivo o superpuesto (de compensación de los disturbios metabólicos). Conjugando el dato con otros parámetros, así como con la clínica puede conocerse mejor la naturaleza del disturbio.

La Triple constelación. Contenido total de CO_2 , pH y $P\text{ CO}_2$.

Conociendo los tres parámetros fundamentales:

Contenido total de CO_2 , pH y $P\text{ CO}_2$ podemos resolver diagnósticamente, con seguridad, cualquier situación del estado ácido base, acidosis o alcalosis metabólica o respiratoria, bastando conocer dos de ellos (el pH y el bicarbonato) para deducir el tercero por nomograma ($P\text{ CO}_2$).

Igualmente, a un $P\text{ CO}_2$ y pH determinados, corresponde un determinado valor del bicarbonato.

Otros datos. Valor de R.

Se entiende por R la suma de iones residuales (proteínas, ácidos orgánicos, ácidos inorgánicos, fosfatos, sulfatos).

El valor de R calcula según la fórmula:

$R = \text{Na} + \text{K} + 8 - (\text{bicarbonato} + \text{Cl})$, que en circunstancias normales es como sigue:

$$(142 + 5 + 8) - (27 + 103) = 155 - 130 = 25 \text{ mEq/litro.}$$

La cifra de R se eleva en la acidosis metabólica (con excepción de la acidosis por exceso de Cl NH_4 en que no se modifica).

En la hemoconcentración del deshidratado los valores de R están igualmente elevados (falsa elevación).

Parámetros de la orina.

El pH de la orina puede variar ampliamente entre 4,5-8,4 existiendo una

correlación estricta con la relación $\frac{\text{CO}_2 \text{ H Na}}{\text{CO}_2 \text{ H}_2}$ de forma que a pH 7,4 le co-

rresponde $\frac{\text{CO}_2 \text{ H Na}}{\text{CO}_2 \text{ H}_2} = \frac{20}{1}$, a

pH 7,8 le corresponde una relación de $\frac{50}{1}$. A pH 6 sólo hay indicios de bicarbonato.

Como expresión de la capacidad renal para eliminar ácidos, el pH de la orina debe descender en las pruebas de sobrecarga ácida con ClNH_4 .

Técnica de Astrup y nomograma de Siggard Andersen.

Modernamente se utiliza la técnica de Astrup con el nomograma de Siggard Andersen, que ha venido a sustituir a los métodos antiguos a los que aventaja en simplicidad, precisión y rapidez (no más de veinte minutos), bastando con una pequeñísima cantidad de sangre (micrométodo).

La técnica es como sigue: Se practican tres tomas de sangre de 0.06 cc que se recogen en tres capilares.

Primera muestra. Se mide directamente el pH sin manipulación alguna. Es el pH real o actual.

Segunda muestra. Se mide el pH procediendo previamente a la saturación total de la muestra con O_2 . Por ejemplo, 3-4 por 100 de CO_2 con 97-98 partes de O_2 ; o si se quiere, a baja presión ($\text{P CO}_2 = 20 \text{ mmHg}$).

Tercera muestra. Se mide igualmente el pH, pero con doble cantidad de CO_2 que la anterior; o si se quiere, con CO_2 a alta presión ($\text{P CO}_2 = 70 \text{ mmHg}$).

Con los datos obtenidos de las tres mediciones trasladados al nomograma y

algunas operaciones complementarias se obtiene la siguiente constelación de parámetros analíticos fundamentales:

- pH actual o real.
- P CO_2 standard o actual.
- Bicarbonato standard.
- Bicarbonato real.
- CO_2 total.
- Base exces.
- Base Tampón o buffer.

El nomograma de Siggard Andersen consta de un cuadrulado en cuyas ordenadas se indica una escala de graduación de la P CO_2 , desde 10 a 150, en dirección de abajo arriba. Y en las abscisas otra escala de pH, desde 6,9 a 7,7, de izquierda a derecha.

Una línea horizontal corta la mitad del cuadrado, juntamente en la línea que señala la cifra de 40 mmHg, viniendo adosada a ella la escala de graduación del bicarbonato standard hasta 55 mEqs. Dos grandes líneas curvas de ascenso primeramente escarpado, con suave declive ulterior, surcan el cuadrulado. La curva superior contiene la escala de medición de la base buffer, desde 15 a 80 mEqs (de izquierda a derecha). La curva inferior señala igualmente los mEqs de la base excés, desde 22 + 20.

El mecanismo operativo es el siguiente:

Se traza una línea vertical a partir de la cifra del pH real (o pH de la primera muestra).

A continuación se levanta otra vertical correspondiente al pH de la segunda muestra. Y otra horizontal de la P CO_2 utilizada, cuya intersección nos da el punto A.

De igual modo se procede con el pH y CO_2 de la tercera medición, obteniendo el punto de intersección B.

Se unen ambos puntos obteniendo la línea AB.

El punto en que la línea AB corta la vertical corresponde al pH real es el punto C.

El trazado horizontal que pasa por C señala en la escala marginal la $P\text{ CO}_2$ problema.

El bicarbonato standard se obtiene en el cruce de la línea AB con la horizontal impresa en el nomograma, o línea del bicarbonato standard en la que se lee los mEq de bicarbonato.

El exceso o déficit de base se lee en el punto donde la línea AB cruza la curva inferior del nomograma (punto E), pudiendo dar valores positivos (exceso de base o déficit de ácido), o negativos (déficit de base o exceso de ácido).

La base tampón o buffer base se lee igualmente en el punto donde la línea AB cruza con la curva superior del nomograma (punto F).

El bicarbonato real o actual se obtiene trazando una línea desde el punto C, correspondiente al pH real, a la línea horizontal del bicarbonato standard; pero de forma que sea paralela a las rayitas oblicuas adosadas a la misma. Así se obtiene el punto G, con sus valores indicados.

El resto de datos se obtiene del modo siguiente: El CO_2 total del plasma resulta simplemente de añadir el bicarbonato real, el CO_2 disuelto en el plasma (cálculo del CO_2 disuelto: $P\text{ CO}_2 \times K$ (constante = 0.0301).

En posesión de la totalidad de los datos expuestos podemos obtener:

Diagnóstico de acidosis o alcalosis.
Tipo metabólico o respiratorio.
Intensidad de la misma.

Deducción terapéutica mediante fluidoterapia dirigida.

Control clínico y terapéutico.
Control de normalización humoral.

Copiado de: Acta Pediat. Esp. 27: 317, 1969.

El

Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas,

le anuncia que puede ofrecer los siguientes servicios:

COPIAS FOTOSTATICAS DE LIBROS, REVISTAS Y FOLLETOS

Cada página reproducida \$ 0.10

INVESTIGACIONES BIBLIOGRAFICAS

Se aplicará la siguiente escala:

hasta 10 fichas	0.50
De 10 hasta 30 fichas	1.20
De 30 hasta 50 fichas	1.50
más de 50 fichas a razón de \$0.03 la ficha	

TRADUCCIONES

De los idiomas Inglés, Francés, Ruso, Italiano y
Portugués al Español:

la cuartilla 2.50

De los idiomas Alemán, Búlgaro, Checo, Escandinavo,
Húngaro, Polaco, Rumano y Asiáticos al español:

la cuartilla 3.50

Se entenderá por cuartilla un pliego de papel de 8½" x 11", escrito a máquina a dos espacios.

Estos precios rigen para los usuarios individuales, así, como las Instituciones del Ministerio de Salud Pública.

Solicite nuestros servicios, acompañando giro postal o cheque a la orden del CENTRO NACIONAL DE INFORMACION DE CIENCIAS MEDICAS, 23 y N (2do. piso), Vedado, La Habana.

VICEMINISTERIO
DE DOCENCIA MEDICA
Centro Nacional de
Información de C. Médicas

SOLICITUD
DE
TRABAJO

ORDEN No.

FECHA:

IMPORTE

PAGADO:

D	M	A

SI
NO

TIPO DE TRABAJO			
Investigación Bibliográfica	<input type="checkbox"/>	COPIA FOTOSTATICA	<input type="checkbox"/>
MICROFILM	<input type="checkbox"/>	TRADUCCION	<input type="checkbox"/>
TITULO DE LA PUBLICACION:			
VOLUMEN:	No.	FECHA DE EDICION:	PAGINAS:
		DE _____ DE 19__	_____ A _____ INCLUSIVE
AUTOR (ES):			
TITULO DEL ARTICULO:		TRADUCCION - IDIOMAS DEL _____ AL _____	
INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA - MATERIA A INVESTIGAR:		ASPECTOS	IDIOMAS
_____		Diagnóstico	<input type="checkbox"/> Español <input type="checkbox"/>
_____		Etiología	<input type="checkbox"/> Inglés <input type="checkbox"/>
_____		Patogenia	<input type="checkbox"/> Francés <input type="checkbox"/>
_____		Clinica	<input type="checkbox"/> Ruso <input type="checkbox"/>
_____		Tratamiento	<input type="checkbox"/> Alemán <input type="checkbox"/>
_____		Pronóstico	<input type="checkbox"/> Italiano <input type="checkbox"/>
_____		Profilaxis	<input type="checkbox"/> _____
_____		Región Anat.	<input type="checkbox"/> _____
		INVESTIGACION:	
		Total	<input type="checkbox"/> Seleccionado <input type="checkbox"/>
UTILIZACION DEL TRABAJO:			
Investigación	<input type="checkbox"/>	Libro	<input type="checkbox"/>
Artículo	<input type="checkbox"/>	Conferencia	<input type="checkbox"/>
Tesis de Residencia	<input type="checkbox"/>		
Revisión de Literatura	<input type="checkbox"/>	Docencia	<input type="checkbox"/>
Otra:	_____		
SOLICITANTE: -- 1er. APELLIDO:	2do. APELLIDO:	NOMBRE:	
DIRECCION: CALLE O CARRETERA:	No. ó Km.:	ENTRE:	
Y			
LOCALIDAD:	MUNICIPIO:	PROVINCIA:	TELEFONO:
ESPECIALIDAD QUE PRACTICA:	CENTRO DE TRABAJO:		
OBSERVACIONES: _____			

INDICE POR MATERIAS - Vol. 41, No. 5

Octubre 31, 1969

D		M	
Disneas laríngeas infecciosas agudas, no diftéricas en el niño. Las.— <i>Dr. Fairén Guillén</i>	335	Mediciones de laboratorio y parámetro en la patología del estado ácido base. <i>Dr. Andrés Olivé Badosa</i>	365
E		N	
Estudios sobre infecciones estafilocócicas en niños.— <i>Dr. Masanori Takeshita</i> .	347	Neumonía intersticial por pneumocystis carinii.— <i>Dres. Emilio Rodríguez-Vigil, Mariano Zomeño, María C. Soler Regal, María J. Martín Aguado, José López Sastre y Angel Cotero Lavín</i>	317
H		Niño quemado. El.—Dr. Silvio Ruiz Miranda	
Hidrocefalia interna infantil. Resultados del tratamiento quirúrgico.— <i>Doctores Humberto Hernández Zayas, Jesús de la C. Pérez González, Roger Figueredo Rodríguez y Gil Marín Fernández</i> ...	293	313	
I		Nueva posibilidad terapéutica de la tuberculosis del niño. Aportación de treinta casos.—Dr. Andrés González-Meneses Pardo	
Informe sobre el primer campamento vacacional para niños diabéticos.— <i>Dres. J. Ricardo Güell González, Rubén S. Padrón Durán, Rolando Suárez Pérez, Oscar Díaz Díaz, Ramona Vives Vázquez, María Borrell Vives</i> , la enfermera <i>Elena Gómez Suárez</i> y el profesor de educación física <i>Hugo Moreno Vázquez</i>	303	361	
Introducción al estudio de la patología del timo.—Dr. Bernardo Pérez Moreno		P	
327	Pequeña estatura. Lista de condiciones asociadas con el crecimiento longitudinal retardado.— <i>Dr. Luis O. Lan-ger, Jr.</i>		351
Ido proteico de la sangre en pedia- tría.—Dr. Antonio Seltek y los técni- cos Hilda T. Hernández, Eladio de Castro y Manuel Pulido		V	
281	Valor de la linfangiografía en la patología infantil génitourinaria.— <i>Dres. Orlando Valls Pérez, Sergio Ortega Negrín, Julio C. Morales Concepción, Esperanza Barroso y Lon Chong</i> y el alumno <i>Leandro Chavao</i>		267