

## Valores normales de pH, PaCO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> saturación de oxígeno, déficit y exceso de base, base buffer, bicarbonato estandar y actual en la Ciudad de México

DR. MARIO MIRELES V. \*  
DR. RICARDO SÁNCHEZ M. \*\*  
Q.F.B. MA. LUISA MIRA A.

**E**L presente trabajo intenta contribuir en el conocimiento del equilibrio ácido-base y gases arteriales, en individuos que radican a 2240 metros de altura sobre el nivel del mar. (Presión barométrica 580 mm. de Hg.).

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 40 individuos del sexo masculino, entre los 19 y 40 años (promedio 22 años), la mayor parte estudiantes de medicina, todos radicados en el Distrito Federal. Para el estudio se obtuvo sangre arterial con aguja hipodérmica a nivel de la arteria radial, (Figs 1 y 2), lo que permitió una toma rápida y segura. La sangre fue analizada en un tiempo no mayor de 6 minutos y siempre que fue necesario, permaneció en condiciones de hipotermia para evitar cambios en su composición, en todos los casos se obtuvieron dos muestras para comparación.

El análisis comprendió: a) la técnica de Astrup, b) la técnica de Van Slike. Con la primera se determinó pH, PaCO<sub>2</sub>, exceso

o déficit de base, base buffer, bicarbonato estandar y actual, así como el CO<sub>2</sub> total (calculado), la cantidad de sangre requerida es no mayor de 0.5 ml. repartida en tres tubos capilares, fig. 3, en uno de los cuales se determina el pH real o actual del sujeto, el resto se equilibra con dos mezclas diferentes de bióxido de carbono durante cinco minutos y posterior a esto se determina su pH, los cuales se llevan el nomograma de Siggaard-Andersen para obtener por lectura directa los resultados del equilibrio ácido-base.

La técnica de Van Slike (3) se utilizó para determinar los volúmenes de gas arterial y el porciento de saturación así como la cantidad de hemoglobina, esto último en base a que un gramo de Hb. fija 1.34 ml. de oxígeno.

Para la determinación de la PaO<sub>2</sub> se empleó una variante del electrodo de Clark (4), el cual es un accesorio del potenciómetro Radiometer® que fue utilizado para la técnica de Astrup, las lecturas fueron hechas a 38°C, sin embargo no se hizo nin-

\* Del Departamento de Hemodinámica. Hospital General del Instituto Mexicano del Seguro Social, México 7, D. F.

\*\* Del Departamento de Anestesia, del mismo hospital.

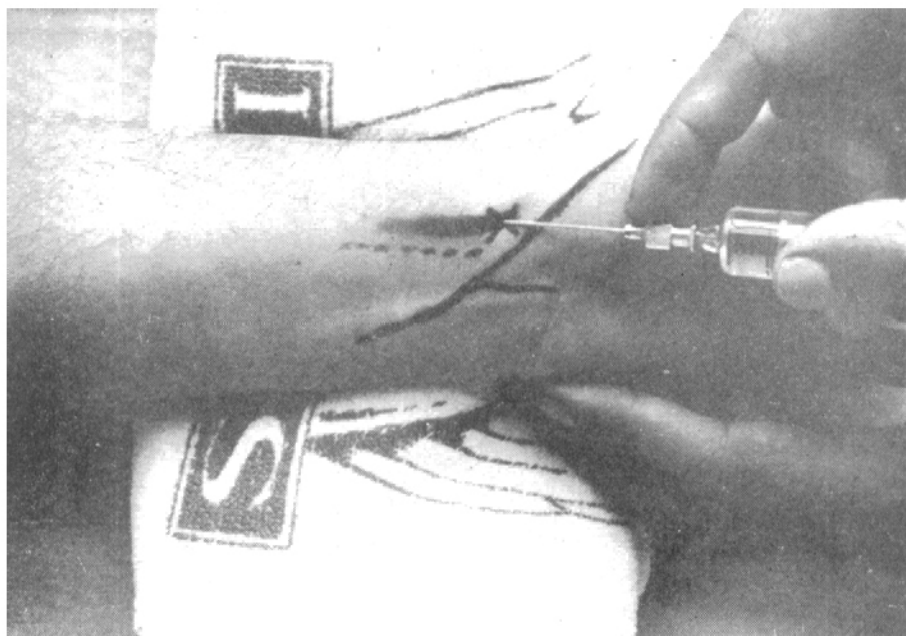


Fig. 1.—Técnica de la punción radial.

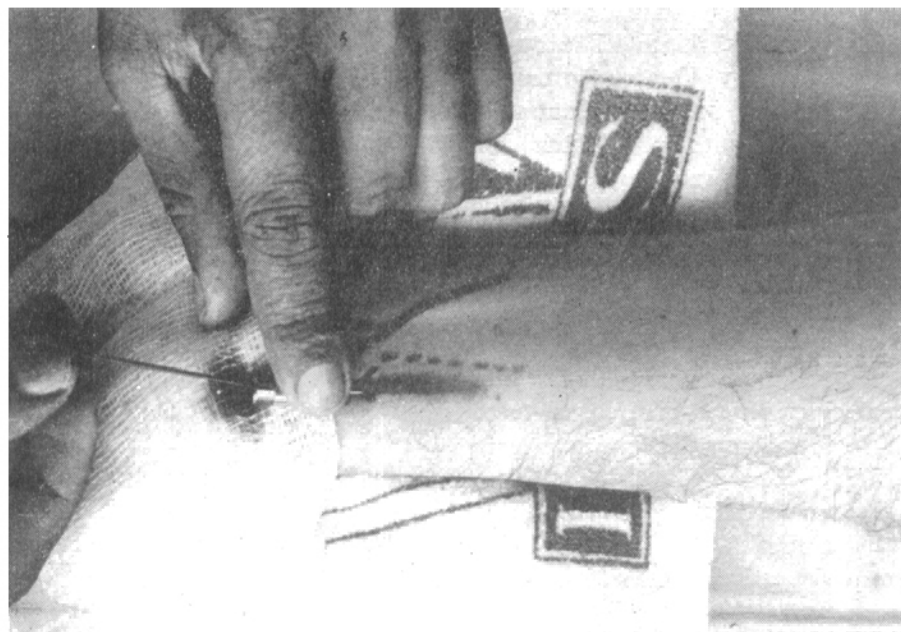


Fig. 2.—Técnica de la punción radial.

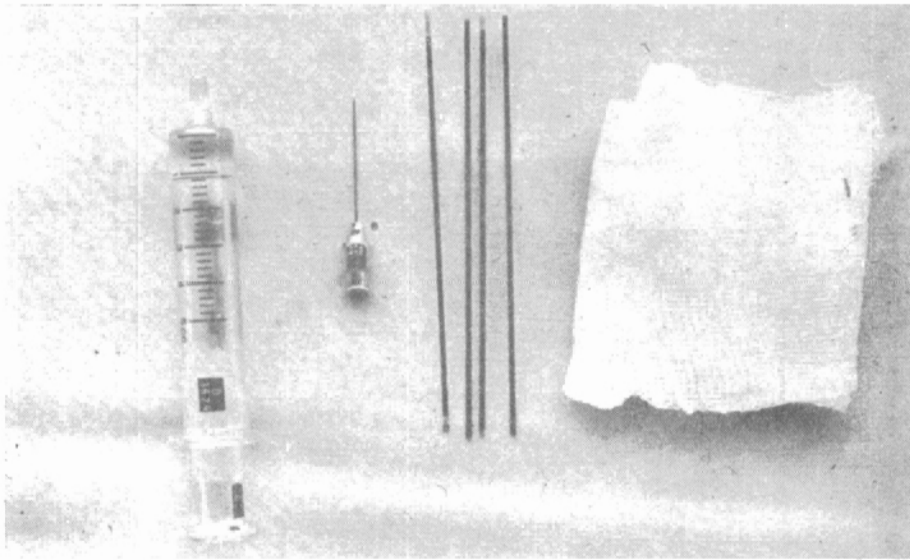
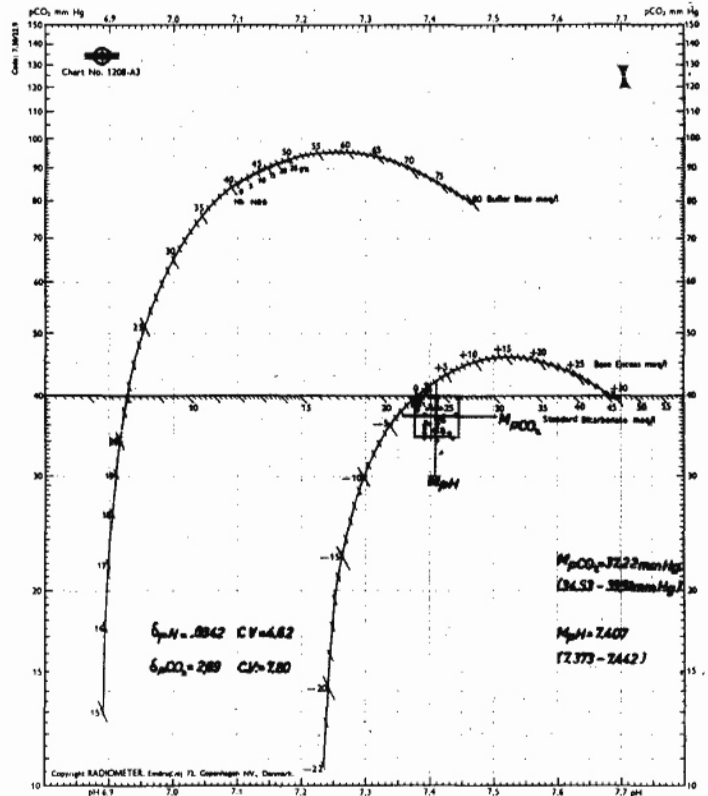


Fig. 3.—Técnica de la punción radial.

guna corrección por considerar que la variación fue mínima (5) (36 a 37.5°C).

Las muestras que presentaron diferencias mayores de 0.02 unidades pH o 3 mm. de Hg. en la PaO<sub>2</sub> fueron desechadas. Los resultados se sometieron al análisis estadístico\* para determinar la zona de normalidad y variación, sin embargo, hemos creído conveniente incluir la situación de los datos en el nomograma (Figs. 4, 5 y 6).

Fig. 4.—Distribución de los casos en relación al pH y PCO<sub>2</sub>. MpH media aritmética.

\* Apéndice

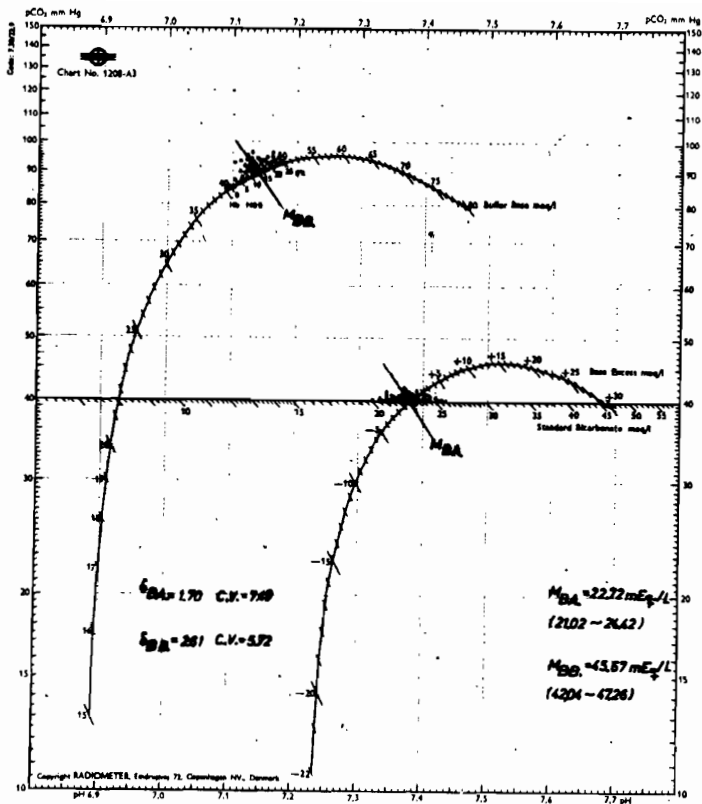


Fig. 5.—El monograma muestra la distribución en la curva de la base buffer y bicarbonato actual.

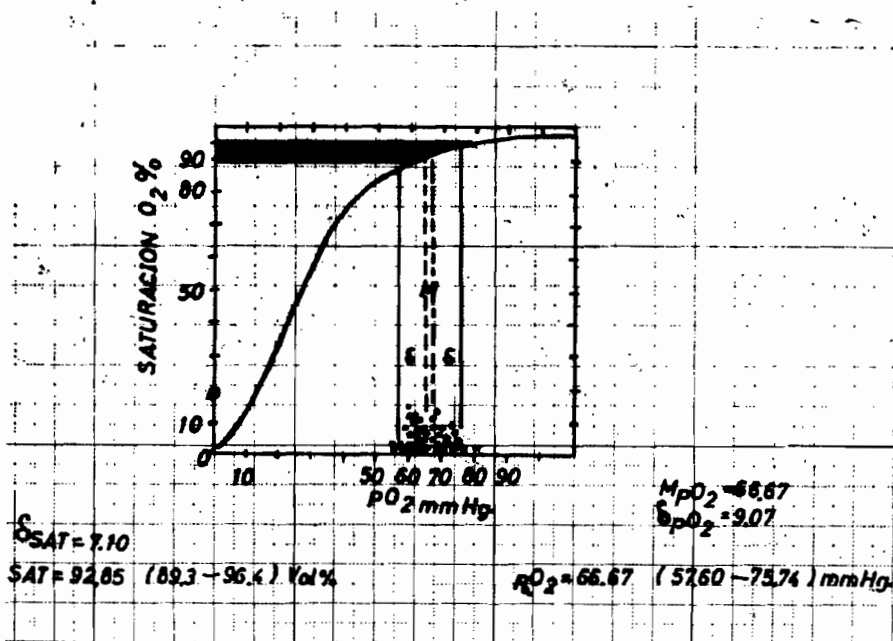


Fig. 6.—Resultados en la saturación y presión arterial de oxígeno.

## RESULTADOS

<i>Parámetro</i>	<i>Medida</i>	<i>Límites encontrados</i>	<i>M ± DS</i>	<i>DS</i>	<i>CV</i>
PH .....	7.407	7.370— 7.451	7.373— 7.441	.034	4.62
PaCO <sub>2</sub> mm Hg. ....	37.22	32.50 —41.80	34.53 —39.91	2.69	7.23
PaO <sub>2</sub> mm Hg. ....	66.67	58.10 —80.70	57.60 —75.74	9.07	13.6
Sat.O <sub>2</sub> % .....	92.85	90.06 —96.26	89.30 —96.40	7.10	7.65
B.B.mEq/L. ....	45.67	40.09 —49.80	42.04 —47.26	3.61	5.72
E.B.mEq/L. ....	—	-3 a + 1.55	—	—	—
B.S.mEq/L. ....	23.28	21.50 —26.00	22.01 —24.55	1.27	5.46
B.A.mEq/L. ....	22.72	19.90 —26.10	21.02 —24.42	1.70	7.49
CO <sub>2</sub> mEq/L. ....	23.91	21.47 —26.40	22.32 —25.50	1.59	6.64
Hb gr.% .....	13.87	12.66 —14.96			

M, medida aritmética; DS, desviación estandar; CV, coeficiente de variabilidad. B.B., base buffer; E.B., exceso o déficit de base; B.S., bicarbonato estandar; B.A., bicarbonato actual.

## COMENTARIO

El empleo de una técnica poco traumática para obtener sangre arterial es muy importante y decisiva para el estudio del equilibrio ácido-base en la normalidad, en la práctica hemos observado hiperventilación con agujas tipo Cournand, por lo que actualmente preferimos la punción con aguja hipodérmica previo botón anestésico, lo que permite disminuir las variaciones en la ventilación propia de estos procedimientos. La influencia del miedo, ansiedad, etc., cuentan para cambios a veces importantes en la PaCO<sub>2</sub> (10 a 20 mm de Hg.) lo que puede modificar en forma definitiva los resultados.

La técnica de Astrup así como otras que utilizan el equilibrio con bióxido de carbono sólo son superadas, en nuestra opinión, por electrodos de lectura directa; sin embargo el empleo del nomograma de Siggaard-Andersen da a las primeras mayor versatilidad.

Como se puede observar en la figura 7, existen diferencias cuantitativas en los parámetros estudiados cuando se relacionan

con la presión barométrica, el hallazgo de un pH inferior a 7.37 lo consideramos actualmente como expresión de acidosis metabólica y respiratoria. El descenso de la PaCO<sub>2</sub> revela un aumento en el mecanismo respiratorio de acuerdo a la tasa metabólica, sin embargo, creemos que esto no debe interpretarse como una hiperventilación crónica al estímulo de una baja presión de oxígeno arterial sino más bien a un nuevo nivel de ventilación, adecuado a satisfacer las necesidades metabólicas, tomando en cuenta que el cociente respiratorio pulmonar está supeditado a satisfacer al tisular:

$$\frac{C R}{\text{Tisular}} = K$$

$$\frac{C R}{\text{pulmonar}}$$

En donde K permanece constante al aumentar proporcionalmente el numerador y el denominador.

Actualmente consideramos que cifras menores de 32.5 mm de Hg de PCO<sub>2</sub> corresponden a hiperventilación, en tanto que la hipoventilación parece iniciarse por arriba

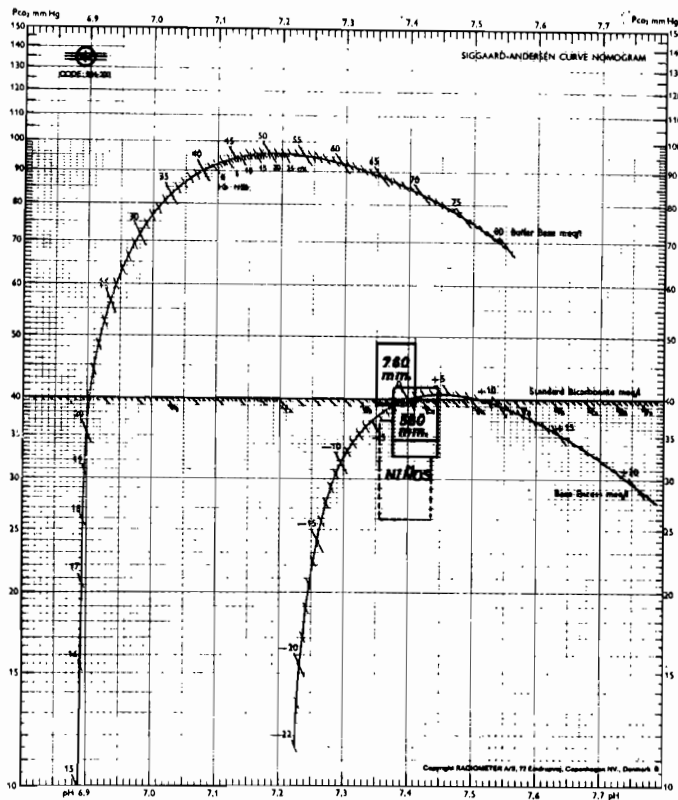


Fig. 7.—Influencia de la presión barométrica sobre el pH y  $PCO_2$ .

de un  $PCO_2$  de 40 mm de Hg, en nuestros casos esto coincidió con sujetos mayores de 35 años.

El componente metabólico es expresado en forma de exceso o déficit de base (6) y bicarbonato estandar (7), niveles menores de  $-3$  y  $21.5$  mEq/L respectivamente indican acidosis metabólica, la alcalosis metabólica la diagnosticamos con valores superiores a  $+1.5$  y  $26.1$  mEq/L, respectivamente.

#### CONCLUSIONES

La influencia de la presión barométrica sobre los resultados del equilibrio ácido-base y gases arteriales es definitiva. La ventila-

ción adecuada a las necesidades metabólicas de sujetos que viven a 2240 metros de altura seguramente determina niveles inferiores de  $PCO_2$  en comparación con los reportados para el nivel del mar.

Un pII inferior a 7.37 se considera ácido y superior a 7.45 alcalino. La hiperventilación parece iniciarse a niveles inferiores a 32.5 mm de Hg, de  $PCO_2$  en tanto que la hipoventilación por arriba de 40 mm de Hg.

Se considera el diagnóstico de acidosis metabólica cuando las cifras de déficit de base y bicarbonato standar se encuentran por abajo de  $-3$  y  $21.5$  mEq/L respectivamente. La alcalosis metabólica se inicia por arriba de  $+1.5$  y  $26.1$  mEq/L, respectivamente.

## A P É N D I C E

## S U M M A R Y

Análisis estadístico:

$$M = \frac{S}{N} \quad Y$$

M, medida; S, suma de datos; Y, datos; N, número de datos.

$$DS = \frac{S \quad d^2}{N}$$

DS, desviación estandar;  $d^2$  es igual a  $(Y-M)^2$ .

$$CV = \frac{100 \times DS}{M}$$

Barometric pressure influences the results of acid-base balance and arterial gases. The ventilation according to metabolic requirements of subjects living at 2240 meters of altitude produces lesser  $PCO_2$  levels in comparison with the ones at sea level. A pH below 7.37 is considered acid, and above 7.45 is alkaline. Hyperventilation seems to start at levels under 32.5 mm Hg of  $PCO_2$ , and hypoventilation starts above 40 mm Hg. Metabolic acidosis is present when base deficit and bicarbonate are below  $-3$  and 21.5 mEq/L respectively. Metabolic alkalosis starts above  $+1.5$  and 26.1 mEq/L, respectively.

## REFERENCIAS

- 1.—Astrup, P.—*A simple electrometric technique for the determination of carbon dioxide tension in blood and plasma, total content of carbon dioxide in plasma, and bicarbonate content in separate plasma at a fixed carbon dioxide tension.*—Scand. J. Clin. Lab. Invest. 8: 33, 1956.
- 2.—Siggaard-Andersen, O. y Engel, K.—*A new acid-base nomogram An improved method for the calculation of the relevant blood acid-base data.*—Scand. J. Clin. Lab. Invest. 12: 177, 1960.
- 3.—Peter, J. P. y Van Slike, D. D.—*Quantitative clinical chemistry.*—Vol. II. Methods. Baltimore: Williams and Wilkins, 1932.
- 4.—Clark, L. C. Jr.—*Membrane covered oxygen electrode.*—Trans. Am. Soc. Artificial Int. Organs 2, 1956.
- 5.—Rosenthal, T. B.—*The effect of temperature on the pH of blood and plasma in vitro.*—J. Biol. Chem. 173: 25, 1948.
- 6.—Singer, R. B.—*A new diagram for the visualization and interpretation of acid-base changes.*—Amer. J. Med. Sci. 221: 199, 1951.
- 7.—Jørgensen, K. y Astrup, P.—*Standar bicarbonate, its clinical significance and a new method for its determination.*—Scand. J. Clin. Lab. Invest. 9: 122, 1957.