

# GASIMETRIA ARTERIAL EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA RENAL TERMINAL EN PROGRAMA DE HEMODIALISIS CRONICA A NIVEL DE BOGOTA

P. BEJARANO, J. SZEINUK, B. DE MOLANO,  
M. PARRA, G. DURAN, R. D'ACHIARDI

**Se determinaron los valores de gasimetría arterial en una muestra de 8 pacientes con insuficiencia renal terminal en programa de hemodiálisis crónica a nivel de Bogotá; se compararon los valores hallados en arteria radial y fístula arteriovenosa sin encontrar diferencia significativa. Al comparar estos valores con los descritos previamente para pacientes normales a la misma altitud, se encontró un aumento significativo de la PaO<sub>2</sub> en nuestra muestra (p < 0.01).**

**Al estudiar un segundo grupo de pacientes transplantados estables, su gasimetría arterial no se diferenció en forma significativa de la de los pacientes normales, y al compararla con la del grupo en diálisis, las diferencias en la PaO<sub>2</sub> no fueron estadísticamente significativas, a pesar de las consistentes diferencias en la PaCO<sub>2</sub> (p<0.01) y HCO<sub>3</sub> (p<0.05). Se concluye que el paciente renal en diálisis crónica mantiene presiones arteriales de oxígeno superiores a las de la población general y se explica su probable etiología.**

Bien reconocida es la importancia de establecer estándares de los diferentes valores gasimétricos obtenidos en una población general normal, a fin de poderlos comparar con los datos obtenidos en una situación

clínica específica y definir entonces la presencia o no de enfermedad. Las variaciones de las presiones parciales de los gases a diferentes alturas afecta las presiones de esos mismos gases disueltos en la sangre y por lo tanto existe un "normal" de ellas para cada altitud, que en el caso de la ciudad de Bogotá ha sido definido previamente, por varios autores, en individuos sanos (1,2).

El paciente con insuficiencia renal terminal que se encuentra en programa de hemodiálisis crónica, además de las características propias de un equilibrio ácido-base alterado de acuerdo a su enfermedad, posee un cortocircuito arteriovenoso permanente (fístula quirúrgica para diálisis), que podría modificar su contenido de gases arteriales.

Este estudio se diseñó con el objeto de: 1 determinar los patrones de gases arteriales basales tomados de la arteria radial en una muestra de características definidas a nivel de Bogotá, 2 observar las diferencias de estos gases con aquellos tomados de la fístula arteriovenosa bajo las mismas condiciones y 3 determinar si el transplante renal funcional induce la reversión de estos cambios, realizando las mismas mediciones en pacientes transplantados.

## MATERIAL Y METODOS

La investigación se realizó en la Unidad Renal del Hospital Militar Central a la altura de Bogotá (2.642 mts. sobre el nivel del mar), en ocho pacientes, cinco mujeres y tres hombres, con edad promedio de 32 años (rango de 20 a 52), todos ellos con fístula arteriovenosa y en programa de hemodiálisis crónica. Las

---

Dr. Pedro F. Bejarano: Residente de Anestesia; Dr. Jaime Szeinuk: Residente de Neumología; Dra. Belen de Molano: Residente de Medicina Interna; Dr. Maximiliano Parra; Residente rotatorio, Medicina Interna; Dr. Germán Parra: Residente de Nefrología; Dr. Roberto D'Archiardi: Jefe del Servicio de Nefrología, Departamento de Medicina Interna, Hospital Militar Central, Bogotá.

Solicitud de separatas al Dr. Bejarano.

diálisis se realizaron tres veces por semana durante cuatro horas, con filtro espiral y solución estándar para diálisis que contiene: sodio 134 mEq/l., potasio 2.6 mEq/l., cloro 104 mEq/l., calcio 2.5 mEq/l., magnesio 1.5 mEq/l. y acetato 36.6 mEq/l. Durante el transcurso de la diálisis los pacientes se anticoagularon con heparina a dosis promedio de 27.5 mg. Los datos clínicos y de laboratorio se presentan en la tabla 1.

Para la muestra sólo fueron admitidos los pacientes con estabilidad cardiovascular, sin sobrecarga hídrica desde el punto de vista clínico y con peso no mayor de 1.5 kg por encima del peso seco. (Peso Seco: mínimo peso que se puede obtener de un paciente en diálisis cuando se le extrae el máximo de líquido).

Luego de reposo absoluto de quince minutos en posición semisentada, se practicó punción de la arteria radial de acuerdo a la técnica descrita por Shapiro (3), utilizando una jeringa de vidrio embebida en solución de heparina, de forma que solo contenía el volumen correspondiente a la aguja. La muestra se tomó previa anestesia local con lidocaína al 1% sin epinefrina y se analizó inmediatamente (Inst. Lab. Blood. Gas Analyzer), ajustando la hemoglobina a los niveles conocidos del paciente, y la temperatura a un valor constante de 37 grados centígrados. La muestra de la fístula arteriovenosa, obtenida y analizada en las mismas condiciones, se extrajo directamente de la aguja de punción para diálisis colocada en el sitio más proximal de la fístula.

Las características clínicas de los pacientes transplantados se presentan en la tabla 2. En ellos se utilizaron las mismas técnicas para la toma y procesamiento de la muestra. Los datos obtenidos se presentan como promedio  $\pm$  1 desviación estándar. El análisis estadístico se hizo con el test de "T de Student", considerando como significativo un valor de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

Los valores basales encontrados, tanto en arteria radial como en fístula arteriovenosa, se presentan en la tabla 3. Se encontró acidosis metabólica leve con pH de 7.39 y  $\text{CO}_2$  dis-

minuido con respecto a los valores aceptados como normales para la ciudad de Bogotá. Es de notar el hallazgo de una presión arterial de  $\text{O}_2$  de  $83 \pm 6$  torr, valor más alto que el descrito para pacientes normales (1, 2). Cuando se compararon estadísticamente las muestras de arteria radial y fístula arteriovenosa no se obtuvo diferencia significativa.

Con el fin de comparar nuestros resultados, se promediaron dos series de gasimetría en individuos sanos a nivel de Bogotá, reportadas previamente por otros investigadores (1, 2), obteniendo las siguientes cifras:  $\text{pH} 7.425 \pm 0.001$ ,  $\text{PCO}_2 29.95 \pm 1.49$ ,  $\text{PO}_2 67.12 \pm 4.42$ ,  $\text{HCO}_3^- 19.0 \pm 2.32$ . La comparación mostró un aumento significativo de la  $\text{pO}_2$  para el grupo de diálisis ( $p < 0.01$ ). Para los otros datos analizados no se obtuvo diferencia significativa, aunque se aprecia claramente que los valores de bicarbonato y presión de  $\text{CO}_2$  son menores en los pacientes en diálisis crónica.

Tabla 1. Datos clínicos y hemoglobina de los pacientes en programa de hemodiálisis crónica.

Paciente	Edad Años	Sexo	Diagnóstico	Meses en Diálisis	Hgb gr%
1.	33	F	GNF Crónica	6	7.3
2.	29	M	GNF Crónica	2	6.9
3.	41	F	GNF Crónica	3	5.8
4.	25	M	GNF Crónica	15	7.3
5.	39	M	GNF Crónica	7	6.6
6.	22	F	GNF Crónica	4	7.6
7.	20	F	GNF Memb. Prolif.	6	7.8
8.	52	F	GNF Prolif. Endo y Extracapilar	4	6.3

Tabla 2. Datos clínicos y de laboratorio de los pacientes con trasplante renal funcional y fístula arteriovenosa.

Paciente	Edad Años	Sexo	Tiempo supervivencia Transpl.	Filtración Glomerular	Hb gr%
1.	24	F	7 meses	42	15.8
2.	19	M	13 meses	104	13.5
3.	28	M	2 meses	54	10.6
4.	42	M	45 meses	47	13.5
5.	42	M	15 meses	70	15.5
6.	20	F	21 meses	30	14.6

Tabla 3. Gasimetría en pacientes con insuficiencia renal terminal en programa de hemodiálisis crónica a nivel de Bogotá.

Muestra	pH	$\text{pCO}_2$	$\text{pO}_2$	$\text{HCO}_3^-$
Arterial	$7.39 \pm 0.063$	$27.64 \pm 2.33$	$82.99 \pm 6.05$	$16 \pm 2.63$
Fístula	$7.40 \pm 0.054$	$26.92 \pm 6.27$	$85.59 \pm 5.34$	$16 \pm 2.37$

Los valores de gasimetría arterial obtenidos en seis pacientes con trasplante renal funcional y fistula arteriovenosa se presentan en la tabla 4. Se aprecian cifras que se encuentran muy cercanas a los límites normales, y la comparación con los valores de individuos sanos no mostró diferencia estadísticamente significativa; sin embargo la  $pO_2$  encontrada es mayor en los individuos transplantados, con un valor de  $p$  que está cercano al nivel de significancia ( $0.1 > p > 0.05$ ). Al igual que en el grupo de pacientes en diálisis crónica, la comparación entre valores obtenidos por punción arterial y de la fistula no mostró diferencia.

Comparando los datos obtenidos entre transplantados y pacientes en diálisis crónica, se encontró una disminución de la  $pCO_2$  y del  $HCO_3$  en los últimos, con valores significativos ( $p < 0.01$  y  $p < 0.05$  respectivamente). La presión de oxígeno es menor en el paciente transplantado, aunque no alcanza significancia estadística.

#### DISCUSION

El paciente renal crónico, por su enfermedad de base, presenta un estado de acidosis metabólica (4), y aunque el individuo en programa de hemodiálisis crónica se encuentra en una situación más estable, persiste dicho estado lo cual ha sido descrito en estudios previos (5, 6) y corroborado con nuestros resultados encontrándose una disminución en los valores de bicarbonato sanguíneo con respecto a los niveles considerados como normales.

La disminución de la presión arterial de  $CO_2$  en estos pacientes es un mecanismo compensatorio del desorden ácido-base de fondo. Se ha calculado, que como respuesta compensatoria a la acidosis metabólica, la  $pCO_2$  desciende de 1, 0 a 1, 5 mm Hg, por cada mEq/lit de descenso del  $HCO_2$ .

Algunos autores (6) sugieren que el nivel de  $CO_2$  arterial para cualquier valor de bicarbonato plasmático es menor en pacientes en diálisis que el esperado para otros sujetos acidóticos, atribuyendo esta hipocapnia a hiperventilación persistente. Otros reportan una disminución de la  $pCO_2$  ligeramente menor a la esperada como mecanismo compensatorio (5). En nuestro estudio la disminución de la  $pCO_2$  guardó la relación compensatoria descrita.

El hallazgo más llamativo del presente estudio es el alto valor de presión arterial de oxígeno encontrado en pacientes en hemodiálisis crónica. Trabajos previos realizados a nivel del mar no reportan aumento de la presión arterial de oxígeno sobre los valores esperados (8, 9), y hay uno en el que encuentran que dicho valor es significativamente menor, atribuyéndolo a disminución de la fuerza muscular en el paciente en diálisis crónica (5). En nuestro estudio la presión arterial de oxígeno en pacientes en diálisis crónica fue significativamente mayor que la encontrada en individuos sanos; pero estos niveles mayores de  $PaO_2$  no mostraron significancia estadística al compararlos con el grupo de transplantados, el cual mantiene una presión arterial de oxígeno que es discretamente mayor que la encontrada en los individuos sanos sin que su valor logre significancia estadística. Es de notar que el transplantado se acerca más, tanto por su cuadro clínico como por sus valores de laboratorio y gasimetría, al individuo sano, y ello podría explicar las diferencias encontradas en esta serie.

Estudiando las posibles razones de este hallazgo, encontramos como primera explicación el estado de acidosis metabólica que presenta el paciente en diálisis crónica. La acidosis metabólica implica una hiperventilación compensadora, que reduce la presión arterial de  $CO_2$  consecuentemente su presión alveolar, y permite una mayor presión parcial de oxígeno tanto a nivel alveolar como arterial, como se deduce de la ecuación normal del gas alveolar (10).

$$PaO_2 = (PB - PvH_2O) FiO_2 - PaCO_2/R$$

Tabla 4. Gasimetría en pacientes con trasplante renal funcional y fistula arteriovenosa a nivel de Bogotá.

Muestra	pH	$pCO_2$	$pO_2$	$HCO_3$
Arterial	$7.42 \pm 0.051$	$30.9 \pm 1.02$	$77.47 \pm 7.61$	$19.23 \pm 2.50$
Fistula	$7.41 \pm 0.040$	$31.27 \pm 3.23$	$77.35 \pm 7.20$	$19.27 \pm 3.44$

Donde  $PaO_2$  es presión alveolar de oxígeno, PB presión barométrica  $P_{vH_2O}$  presión de vapor de agua,  $FIO_2$  fracción inspiratoria de oxígeno,  $PaCO_2$  presión arterial de  $CO_2$  y R cociente respiratorio.

Sin embargo, el nivel de  $pO_2$  encontrado en nuestros pacientes en diálisis crónica excede al que se esperaría cuando se calculan los gases alveolares y arteriales de acuerdo a la ecuación antes mencionada. Analizando dicha igualdad, se aprecia claramente que el único factor que puede determinar variación en la ecuación es el cociente respiratorio R, dado que el valor  $pCO_2$  es conocido y determinado en el estudio. Esta R, que normalmente es de 0.8, debe ser mayor de 1 en los pacientes estudiados, para explicar nuestro hallazgo. Las razones de aumento del cociente respiratorio podrían ser hiperventilación persistente ya mencionada por otros autores (6), o la presencia de la fístula arteriovenosa, que al aumentar el gasto cardíaco permita perfundir áreas del pulmón normalmente no irrigadas, mejorando la hematosis. Estos hechos, no reportados hasta donde conocemos, serán objeto de estudios posteriores.

Hasta el momento no hemos encontrado en la literatura publicada trabajos referentes a mediciones de gasimetría en pacientes en diálisis crónica a una altura similar a la de Bogotá, a pesar de existir un estudio previo sobre función pulmonar en un grupo de pacientes dializados, realizado en 1976 (11). La importancia de nuestro estudio radica pues, en ser la primera publicación sobre valores basales de gases arteriales en pacientes en hemodiálisis crónica a la altura de Bogotá.

#### SUMMARY

Arterial Gas measurements were determined in Bogotá (Altitude 2.642 meters) in

eight patients with end-stage renal disease in chronic hemodialysis. No significant differences were observed between the arterial and arteriovenous fistula values.  $PO_2$  measurements were higher than those previously reported in normal people at this altitude ( $P < 0.01$ ). In a second group of patients with functioning kidney grafts arterial gases were the same as those in normal patients. Comparing the data on transplant recipients with those of the dialysis group no significant differences was found in  $PO_2$  in spite of differences in  $PCO_2$  ( $P < 0.01$ ) and  $HCO_3$  ( $P < 0.05$ ). We conclude that renal patients in hemodialysis has higher  $PO_2$  values than general population and we intend to explain its ethiology.

#### BIBLIOGRAFIA

1. - RESTREPO J, REYES P, VASQUEZ P, ARDILA M, DIAZ GRANADOS B. Estudio de gasimetría arterial y alveolar en adultos sanos a nivel de Bogotá. 1982;8:461-466.
2. - OSORIO P. Gasimetría arterial normal en Bogotá. Resúmenes del VI Congreso Colombiano de Medicina Interna. 1980; 46.
3. - SHAPIRO BA, HARRISON R, TROUT CA: Clinical application of Respiratory Care. 2a. Ed, Chicago. Year Book Med Publishers Inc. 1979; 120.
4. - KLAHR S. Differential Diagnosis: Renal and Electrolyte Disorders. 1st Ed. New York. Arco Publishing Co. Inc. 1980; 170.
5. - FAIRSHTER RD, DABIR-VASIRI N, WILSON AF. Respiratory Physiology before and after Hemodialysis in Chronic Renal Failure Patients. Am J. of Med Sci 1979; 278: 11-18.
6. - MORGAN AC, BURKINSHAW I, ROBINSON RJ, ROSEN SM. Potassium Balance and Acid-Base Changes in Patients undergoing regular. Hemodialysis Therapy. Br. Med J. 1970; 1: 779-783.
7. - SHCRIER RW. Renal and electrolyte disorders. 2nd Ed. Boston. Little Brown and Co. 1980; 170.
8. - AURIGEMMA NM, FELDMAN NT, GOTTLIEB M, et al. Arterial Oxygenation during Hemodialysis. N Eng J. Med 1977; 297: 871-873.
9. - DOLAN MJ, WHIPP BJ, DAVIDSON WD, et al. Hypopnea associated with Acetate Hemodialysis: Carbon Dioxide dependant ventilation. N Engl. Med 1981; 305: 72-75.
10. - HUBER GL. Arterial Blood Gas and Acid-Base Physiology. 1st Ed. The Upjohn Company: Current Hospital Topics. 1979 : 56-57.
11. - CARREÑO A, CASTILLO A, PACHECO PM, REVOLLO A. Función respiratoria en pacientes en hemodiálisis crónica. Resúmenes del III Congreso Latinoamericano de Nefrología. 1976:51.