

Estudio gasométrico con diferentes circuitos en anestesia pediátrica

DR. FRANCISCO GARCÍA LÓPEZ*

DR. JAIME CÓRDOBA GUTIÉRREZ**

DR. ORLANDO B. LEÓN y VÉLEZ VASCO***

Q.F.B. EFIGENIA ROBLEDO CABRERA****

EL conocimiento de la dinámica en las cifras gasométricas de la sangre guarda estrecha relación con el terreno físico del paciente, con el transporte y difusión del oxígeno, así como con el empleo de agentes volátiles y endovenosos que son los recursos farmacológicos del anesthesiólogo.⁸ Con base en ello se ha incursionado en el análisis del empleo de dispositivos o circuitos que por su estructura modifican en forma importante el contenido del aire inspirado traqueal, bronquial y aun de las finas ramificaciones pulmonares, que se refleja en las variantes de oxígeno y anhídrido carbónico con la consecuente alteración de la imagen gasométrica en sangre. Haciendo una semeblanza de nuestro recorrido en anestesia pediátrica, recordamos haber reforzado nuestra metodología con un circuito anestésico semicerrado reinhalatorio, que dimos a conocer con estudio gasométrico.²⁶ Posteriormente abordamos, empleo y conocimiento de

fármacos endovenosos e inhalatorios con particular conducta que comunicamos en trabajos anteriores. Recientemente por secuencia original de la disciplina que nos ocupa y para consolidar criterio en técnica de ventilación, hemos laborado estudio preliminar, orientador sobre alteraciones de CO₂, utilizando varios circuitos anestésicos, a fin de guardar plena esguridad de la atmósfera inspirada, con el conocimiento del comportamiento funcional en los circuitos gaseosos y su repercusión en equilibrio ácido básico.

Como referencia histórica Conway menciona que muchos de estos circuitos comunemente usados, han sido diseñados y también modificados sin tomar en consideración la función de su mecánica. También es conocido que en la descripción de ellos hay considerable ambigüedad de nomenclatura, así los términos semiabiertos, semicerrados y cerrado a menudo se les concede significación sinónima.⁶

* Jefe del Depto. de Anestesiología del Hospital de Pediatría C. M. N. del I. M. S. S.

** Médico de Tiempo Completo del Depto. de Anestesiología del mismo hospital.

*** Residente de 2o. año del Curso Universitario de Anestesiología del C. M. N. del I.M.S.S.

**** Q.F.B. del Laboratorio Clínico del Hospital de Pediatría, C. M N. del I.M.S.S.

En síntesis esta comunicación se concreta a ubicar las cifras gasométricas obtenidas como valores finales, en el nomograma de Sigaard/Andersen utilizando diferentes circuitos con tres técnicas de anestesia balanceada en cirugía pediátrica.

MATERIAL Y MÉTODO

Para desglosar la finalidad del presente trabajo, se manejaron 265 pacientes dentro de edades pediátricas, a partir de abril del año en curso (1971); con seis circuitos anestésicos o gaseosos, de los cuales uno fue semicerrado reinhalatorio denominado Sistema en "T" Modificado con 77 casos. Tres semicerrados no reinhalatorios consistentes en: válvula de Fink 43 casos, válvula de Rubén 45 casos y el erspirador mecánico de Takaoka con 39 casos, los restantes, uno cerrado (vaivén) 24 casos y otro semicerrado (circular) 32 casos, ambos con depósito de absorción.

El control anestésico se estableció con tres técnicas diferentes en cada uno de los circuitos mencionados:

- a) Anestesia general balanceada con metoxiflurano y agentes endovenosos.
- b) Anestesia general balanceada con halotano y agentes endovenosos.
- c) Anestesia general balanceada con agentes endovenosos exclusivamente.

Las edades de los pacientes oscilaron entre siete días y quince años con promedio aritmético de 5.63 años (cinco años cinco meses) con pesos desde 2a 65 kg, con el promedio correspondiente de 17.66 kgs. Las intervenciones comprendieron períodos de 30 minutos hasta 5:5 horas con promedio de 2:14 horas.

Todos los pacientes fueron estudiados en

la consulta externa de cirugía por medios clínicos, laboratorio y gabinete; no se efectuaron pruebas especiales. El Departamento de Anestesiología realizó valoración preanestésica concluyéndose que ninguno de los pacientes presentó padecimiento pulmonar previo, a la operación proyectada, a excepción de dos pequeños que fueron sometidos a cirugía pulmonar por bronquiectasias.

Las muestras analizadas de sangre capilar, extraída del pulgar con paciente a temperatura ambiental en ayuno, se tomaron con quietud absoluta por la inducción de nuestra técnica. La colección de esta sangre se realizó en tubos capilares de 125 mm de longitud y 100 mcl de capacidad, preparados aproximadamente con 0.55 mg de heparinato de sodio, con objeto de evitar la coagulación y posteriormente se sometieron al micrométodo difundido por Astrupp con el potensiómetro de A.M.E. 1c, en las que se obtuvieron después de equilibradas las muestras, tres cifras de pH, las cuales con el uso del nomograma de Sigaard/Andersen, limitado en áreas con cifras para niños, nos permitió los siguientes parámetros: pH, presión del bióxido de carbono ($p\text{CO}_2$), déficit de base y bicarbonato actual.

En resumen la pretensión de esta comunicación es el conocimiento de la alteración gasométrica comparativa con diferentes circuitos al término de la intervención, controlando su ventilación, por ello se le consideró valor normativo fisiogasométrico al resultado final de dos muestras transoperatorias; mostrándose las variantes encontradas y por ningún motivo se pretende establecer cifras normativas, ya que se encuentran establecidas en la ciudad de México (2240 mts de altura) y una presión de 580 mm de Hg.^{16, 17, 9, 18}

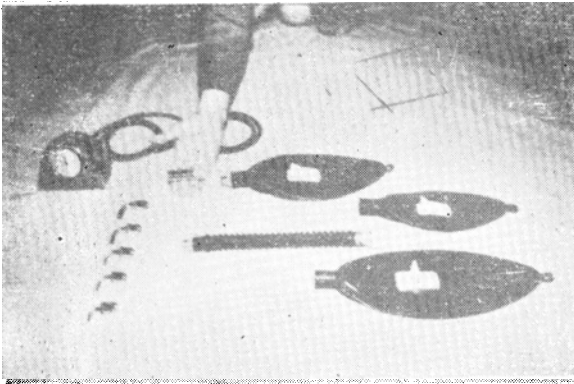
RESULTADOS Y COMENTARIOS

Circuito semicerrado reinhalatorio

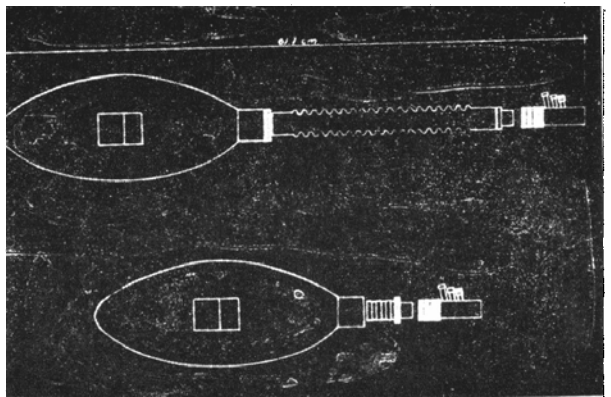
(Pieza en "T")

Al consignar los datos obtenidos, asentamos con brevedad la importancia funcional de cada uno de los circuitos gaseosos utilizados. El conocido como pieza en T se identifica como método semicerrado reinhalatorio (Fig. 1), en este el gas fresco se introduce cerca del paciente. En la inspiración parte de este gas, el contenido espiratorio de la bolsa y una mezcla del alveolar son eliminados por los dispositivos espiratorios, por lo que el paciente recibe un gas fresco de la máquina y una mezcla de gas fresco y alveolar de la bolsa.^{25, 15, 19} La eficiencia del circuito en "T" se mejora, cuando la pausa espiratoria es prolongada, y la velocidad del flujo inspiratorio sube lentamente y luego cae rápidamente, así como cuando la velocidad del flujo espiratorio es baja; para que esto se realice se requiere que el flujo del gas fresco sea el doble del volumen minuto.^{5, 6, 10}

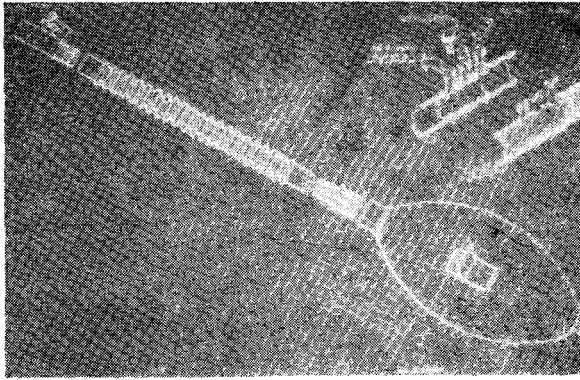
ratorio de la bolsa y una mezcla del alveolar son eliminados por los dispositivos espiratorios, por lo que el paciente recibe un gas fresco de la máquina y una mezcla de gas fresco y alveolar de la bolsa.^{25, 15, 19} La eficiencia del circuito en "T" se mejora, cuando la pausa espiratoria es prolongada, y la velocidad del flujo inspiratorio sube lentamente y luego cae rápidamente, así como cuando la velocidad del flujo espiratorio es baja; para que esto se realice se requiere que el flujo del gas fresco sea el doble del volumen minuto.^{5, 6, 10}



1 A



1 B



1 C

Al conducir con este dispositivo setenta y siete casos (Fig. 2), encontramos en zona normal 19% (15 casos); en zona compensada 32.4% (25 casos). Con acidosis metabólica impura 10.4% (8 casos). Alcalosis respiratoria 10.4% (8 casos). El resto 27.8% (21 casos) distribuidos en acidosis respiratoria, hiperventilación, trastorno paradójico, acidosis, alcalosis mixta y alcalosis metabólica pura e impura de poca importancia por su ubicación. 1, 24

La significancia bioestadística de las cifras y resultados antes mencionados, muestran tendencia favorable del circuito hacia área de normalidad independientemente de los agentes utilizados:

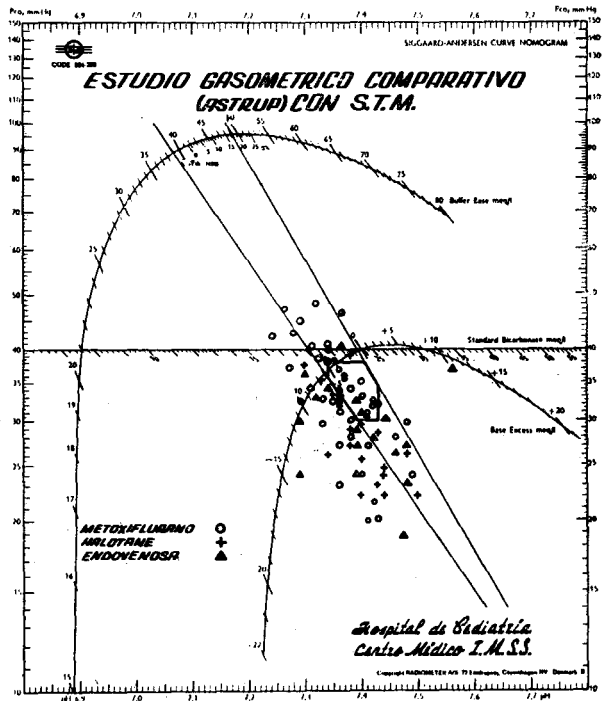


Figura 2

	pH	pCO ₂ mm Hg	Déficit base mEq/l	Bicarb. actual mEq/l	pO ₂ mm Hg
Promedio aritmético ..	7.37	29.7	- 6.6	17.0	106.33
Desviación standard ..	± .06	± 8.25	± 2.2	± 2.88	± 55.38
Error del promedio ..	± .10	± 1.89	± .50	± .66	± 12.70

Circuitos semicerrados no reinhalatorios
(Fink, Rubén, Takaoka)

Estos sistemas durante la fase inicial de exhalación, la porción proximal a la válvula, de tubo endotraqueal; es ocupado con espacio muerto y posteriormente con gas alveolar; esta corriente de gas en el paciente

encuentra al gas fresco que circula dentro del circuito, aumentando con ello, la presión debajo de la válvula espiratoria, la cual se abre finalmente. Cuando esto ocurre el gas alveolar del paciente, como del tubo son eliminados del circuito ^{5, 7, 11, 12} (Figs. 3, 4, 5).

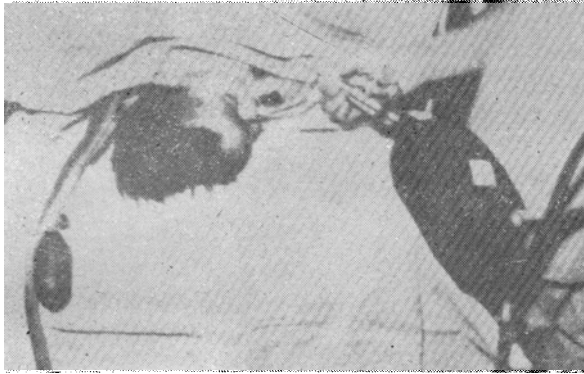


Figura 3

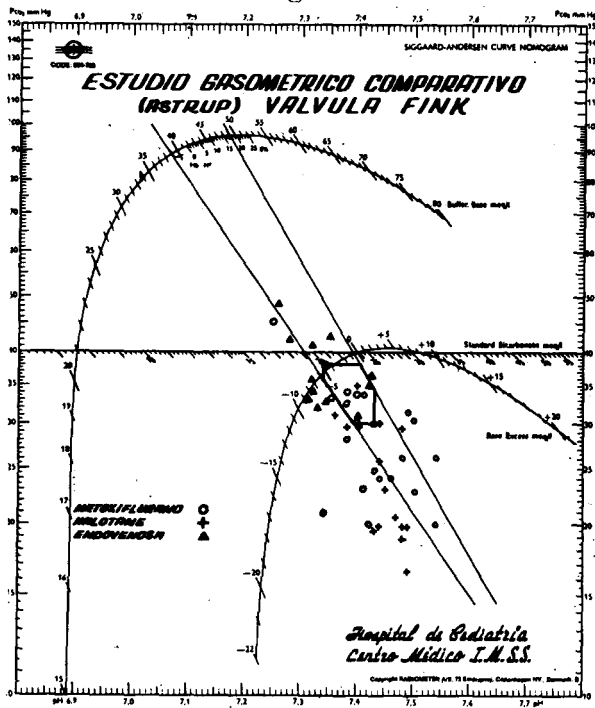


Figura 4

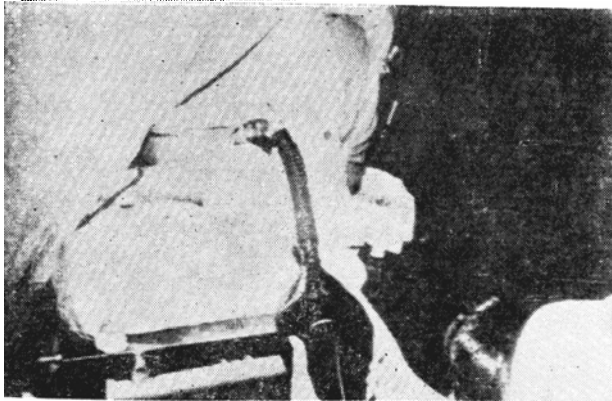


Figura 5

Si el flujo de gas fresco es suficiente, el espacio muerto también será eliminado, en estas condiciones cuando la inspiración ocurre el circuito solamente contendrá gas fresco y un espacio muerto de composición idéntica.^{3, 13, 15}

Con estos circuitos fueron conducidos ciento veintisiete pacientes. Con válvula de Fink 43 casos (Fig. 6), de ellos se situaron 23.2% (11 casos) en área de normalidad. En compensación 18.3% (8 casos) en trastorno paradójico 16.2% (7 casos); los 17 casos restantes en diferentes zonas de acidosis y alcalosis tanto metabólicas como respiratorias. Con válvula de Rubén (Fig. 7) fueron conducidos 45 casos, ninguno apareció en área de normalidad; 26.6% (12 casos) compensados; 17.7% (8 casos) en trastorno paradójico, con cifra similar (8 casos) en alcalosis respiratoria y 17 casos en zonas de acidosis tanto metabólicas como respiratorias.

Con el respirador automático de Takaoka (Fig. 8) se manejaron 39 casos. Ubicán-

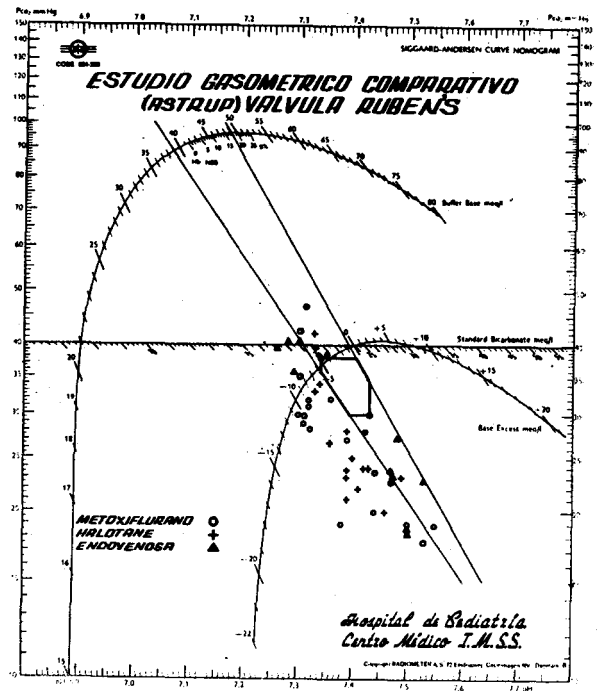


Figura 6

dose como normales 15.6% (6 casos). Compensados 38.0% (15 casos) y como paradójicos, acidosis metabólica impura y alcalosis respiratoria 46.8% (18 casos restantes).

En análisis bioestadístico se obtuvieron los siguientes resultados.

		Fink	Rubén	Takaoka
pH	\bar{x}	7.41	7.38	7.40
	σ	$\pm .08$	$\pm .07$	$\pm .06$
	σ/\bar{x}	$\pm .01$	$\pm .01$	$\pm .01$
pCO2	\bar{x}	29.9	29.3	27.9
	σ	± 8.0	± 7.67	± 6.0
	σ/\bar{x}	± 1.2	± 1.14	$\pm .95$
Déficit base	\bar{x}	- 5.37	- 6.47	- 5.6
	σ	± 2.1	± 2.2	± 2.1
	σ/\bar{x}	$\pm .32$	$\pm .34$	$\pm .34$
Bicarbonato actual	\bar{x}	17.36	16.69	17.45
	σ	± 3.2	± 2.7	± 3.08
	σ/\bar{x}	± 2.7	$\pm .41$	$\pm .49$
pO2	\bar{x}	103.76	105.35	99.71
	σ	± 33.51	± 33.88	± 27.27
	σ/\bar{x}	± 5.1	± 5.05	± 4.36

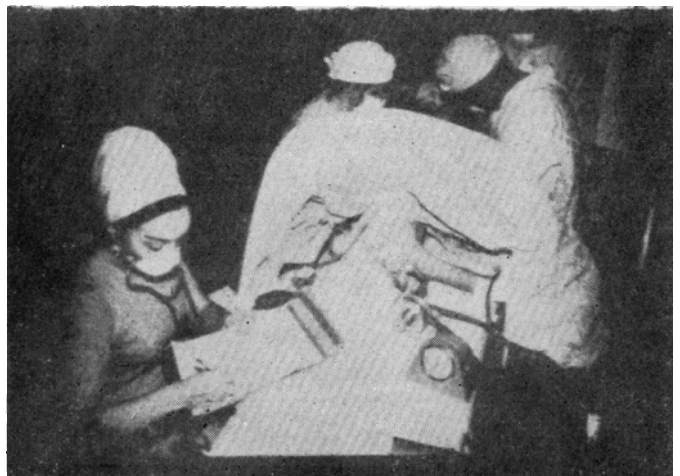


Figura 7

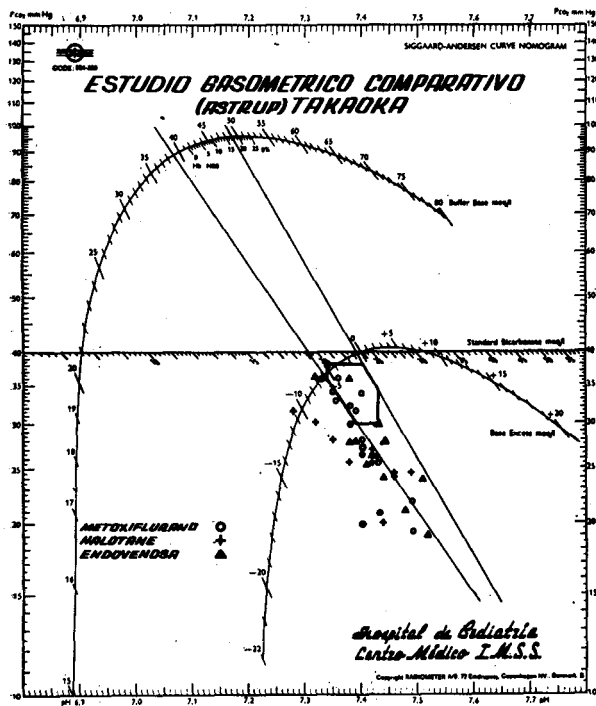


Figura 8.

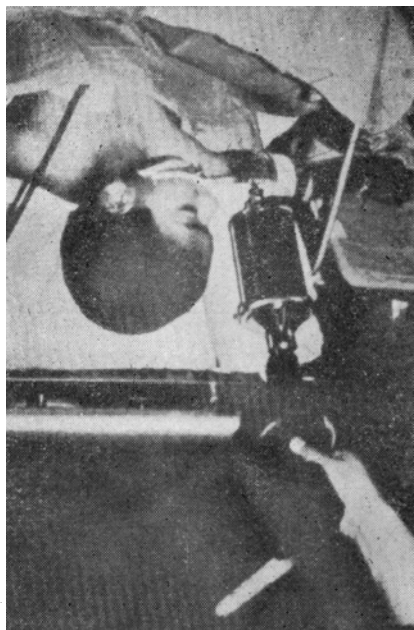


Figura 9

Circuito cerrado con dispositivo absorbedor de CO_2 (vaivén)

El circuito de vaivén (Fig. 9) tiene deficiencias, la más importante es la referente al espacio muerto; el cual se extiende hasta la cercanía del absorbente del CO_2 , éste aumenta progresivamente al saturarse la cal sodada proximal al paciente.^{13, 19} Se mane-

jaron 29 casos, situándose 24.1% (6 casos) en normalidad. Compensación 2.9% (9 casos); acidosis metabólica impura y alcalosis respiratoria 24.1% cada una, es decir 6 casos respectivamente y un 9.75% en trastorno paradójico (3 casos) (Fig. 10).

Por lo que respecta a su análisis por computación estadística, se encontraron las cifras siguientes:

	pH	p CO_2 mm Hg	Déficit base mEq/l	Bicarb. actual mEq/l	p O_2 mm Hg
Promedio aritmético ..	7.37	30.47	- 5.0	17.71	98.81
Desviación standard ..	± 0.08	±10.40	± 1.91	± 3.64	±2900
Error del promedio ..	± .01	± 1.84	.33	± 0.64	± 5.12

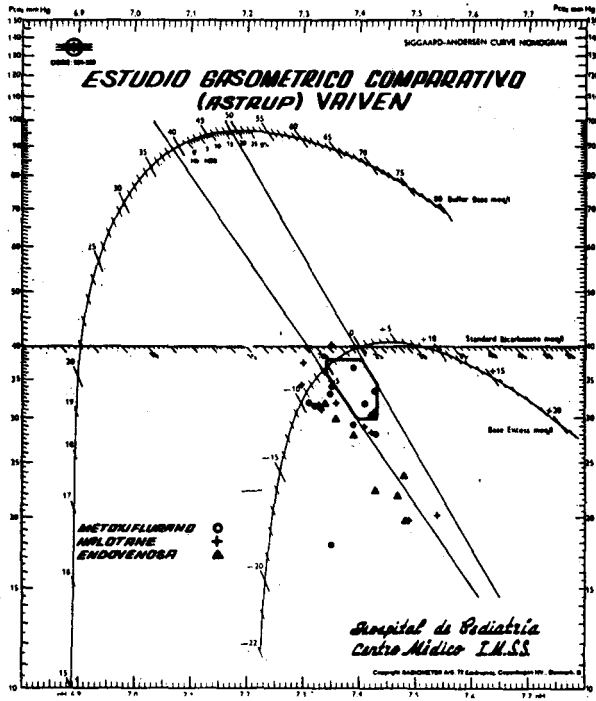


Figura 10

Circuito semicerrado con dispositivo absorbedor de CO₂ (C.S.C.)

El circuito semicerrado (Fig. 11) con dispositivo absorbedor es un circuito provisto o dispuesto para eliminar el exceso de gases; es posible controlar con éste, la atmósfera inspirada particularmente en la salida de gases y vapores frescos. Para que la atmósfera inspirada sea la misma que la del gas fresco, es necesario que el gas alveolar sea eliminado preferentemente del circuito o que dicho gas pase a través de un absorbedor^{24, 23, 22, 20}

Se encontraron los siguientes resultados gasométricos en 32 casos manejados con dicho sistema:

Zona de normalidad 9% (Fig. 12) (3 casos); compensación 32% (10 casos); en acidosis metabólica impura 25% (8 casos). Los casos restantes (11 en total) en alcalosis respiratoria, acidosis metabólica pura y trastorno paradójico.



Figura 11

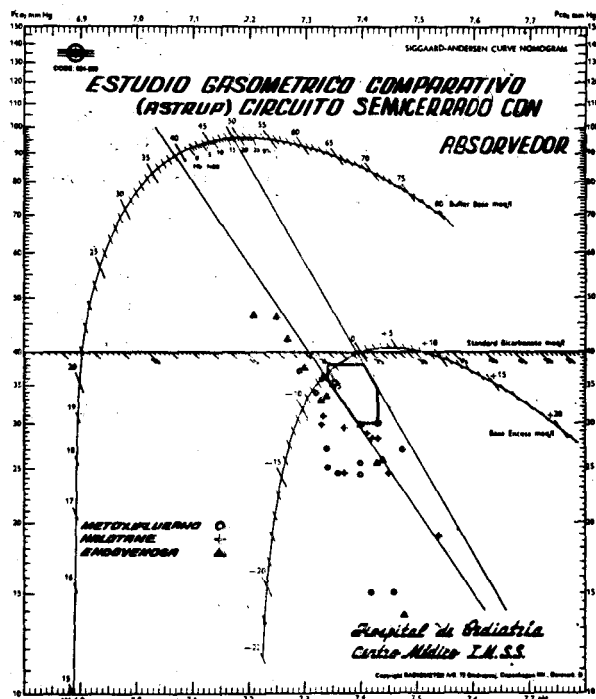


Figura 12

El análisis bioestadístico demostró:

	pO ₂ mm Hg	Bicarb. actual mEq/l	Déficit base mEq/l	pCO ₂ mm Hg	pH
Promedio aritmético ..	121.46	20.03	— 5.6	31.8	7.37
Desviación standard ..	±105.51	±19.19	± 2.1	± 6.9	± .06
Error del promedio ..	± 12.1	± 2.1	± .24	± .79	± .007

CONCLUSIONES

Con seis circuitos cuyas características varían de reinhalatorias a no reinhalatorias, usando varios agentes que estructuran diferentes técnicas y estableciendo ventilación controlada, en doscientos sesenta y cinco pacientes, sólo 15.4% equivalente a 41 casos, quedaron ubicados por cifras gasométricas en área normal. El 84.6% que re-

presentan 224 pacientes por su identificación de equilibrio ácido básico, se situaron la mayoría en diferentes zonas colindantes (a la normalidad) y la minoría en zonas aisladas. Consignamos que gran número de nuestros pacientes se ubicaron en desviaciones del nomograma utilizado sin referir extremos metabólicos ni respiratorios y creemos que esto se deba:

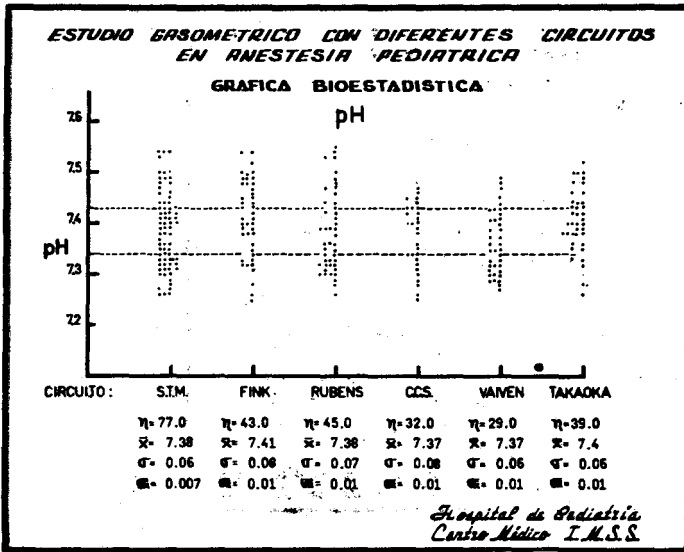


Figura 13

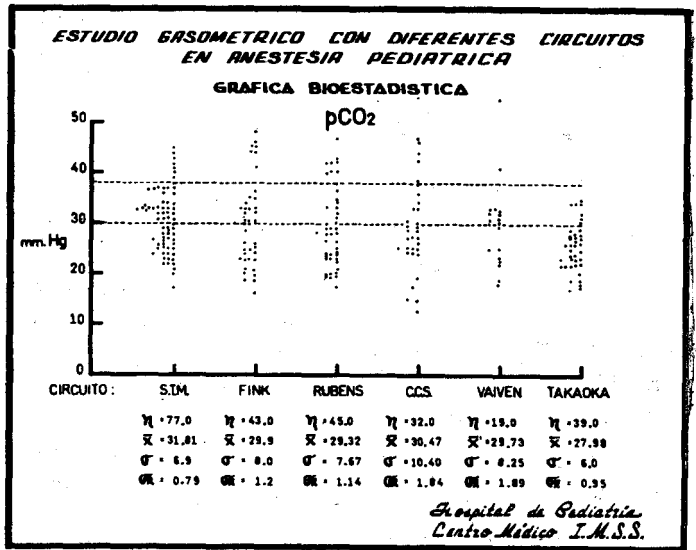


Figura 14

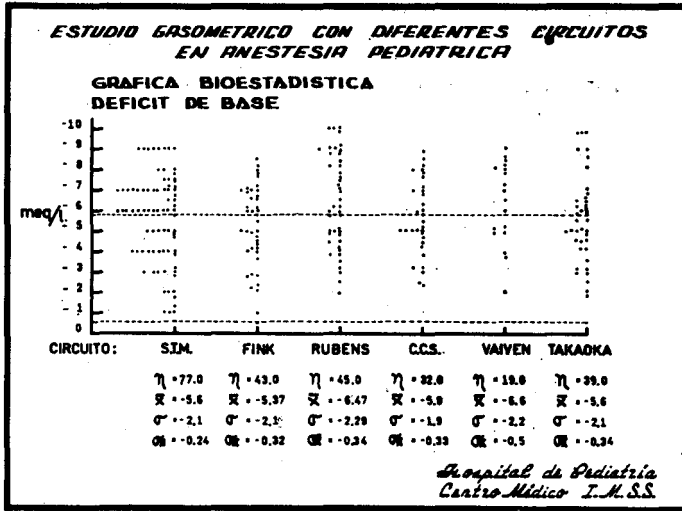


Figura 15

1. Básicamente a la ventilación establecida con técnica dirigida o adecuada al paciente, controlándola con la experiencia derivada de nuestra propia unidad hospitalaria en cada uno de los métodos.

2. A que las intervenciones prolongadas, mayores de cuatro horas se circunscribieron a 25 casos, con terrenos cuantitativo en el nomograma que no influyó en el resto de los pacientes para acentuar su desviación en promedio estadístico.

3. A que la temperatura de los pacientes se protegió con objeto de que no se sumara el factor hipotermia (acidosis metabólica) en el resultado gasométrico.

Merece especial mención, que a pesar de la ventilación controlada, aun con circuitos no reinhalatorios, obtuvimos resultados por lo que respecta a cifras de pCO_2 sin mostrar hiperventilación intensa. El algu-

nos casos se encontró hipoventilación ligera demostrable por cifras de pCO_2 por abajo de 45 mm de Hg, se analizaron por método bioestadístico, encontrándose dentro de normalidad los resultados así obtenidos. (Figs. 13, 14 y 15)

RESUMEN

Se comunican resultados gasométricos obtenidos en 265 pacientes pediátricos sometidos a cirugía electiva. Clasificándose en zonas de nomograma de Siggaard/Andersen, ajustado a la presión atmosférica de la altura de la ciudad de México. Se comenta la mecánica de cada uno de los sistemas utilizados (seis en total), así como su repercusión en el equilibrio ácido base, utilizando tres técnicas anestésicas ordinarias en nuestro Servicio. Se sometieron a análisis bioestadístico los resultados así obtenidos.

Con ello adquirimos un conocimiento para normar conducta en lo que respecta a ventilación, con cada uno de los sistemas usados en el manejo de nuestros pacientes.

RECONOCIMIENTO

Los autores del presente trabajo agradecen en forma especial al Dr. *Francisco Resano Pérez*, jefe del Laboratorio Clínico en nuestra Unidad Hospitalaria por el crecido número de determinaciones gasométricas logradas, que nos permitió valiosa orientación.

Asimismo, lo hacemos extensivo:

Dr. Mario Mireles Vieyra, Jefe del Departamento de Terapia Inhalatoria del Hospital General del C.M.N. del I.M.S.S.

Srita. María de Lourdes Colmenares Martínez, colaboradora del Departamento de Anestesiología del Hospital de Pediatría C.M.N. del I.M.S.S. Y al personal de Enfermería del Servicio de Recuperación de la misma Unidad.

SUMMARY

The gasometric results obtained in 265 pediatric patients who underwent elective surgery, are presented. The Siggaard/Andersen nomogram zonification was used adjusted to atmospheric pressure to the height of Mexico City. The mechanics of each of the used systems, and its bearing on acid-base balance, with three anesthetic techniques, is mentioned. The results were biostatistically analyzed.

REFERENCIAS

1. Astrup, P.: Simplificación de una técnica electrométrica por la tensión de bióxido de carbono en la sangre, contenido total del dióxido de carbono en el plasma y el contenido del bicarbonato "del plasma" separado y fijado de la tensión del dióxido de carbono (40 mm Hg) *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 8s33, 1966.
2. Anderson, O.S.: Estado actual de la terminología ácido básica. *Anesthesiology* 27 1:7 Edit. Vienés.
3. Beverly C. Morgan, y Wayne E. Martin.: Efectos hemodinámicos con respiración a presión positiva intermitente. *Anesthesiology* 27s584. Oct. 1966.
4. Bunker, S.P.: El debate Acido Base. *Anesthesiology* 26s591, 1945.
5. Brown, E.S., Seniff: (1964) Eliminación del dióxido de Carbono en sistemas semicerrados. *Anesthesiology* 25:31.
6. Conway, C.M.: Circuitos anestésicos. Bases Científicas de la Anestesiología. Cyril Scurr, Londres. 1971.
7. Egger, E.I.; Ethans C.T.: Los efectos del bajo flujo, el sobre flujo y las válvulas en los sistemas circulares. *Anesthesiology* 29:93, 1968.
8. Davenport, H. El ABC de la química ácido básica. Universidad de Buenos Aires, SA, Vol. 147. 1971.
9. Jurado, G.E.; Alvarez C.J. y Souto Y.E.: Contribución al estudio ácido básico en los habitantes de la ciudad de México. *Bol. Med. Hosp. Inf.* (Méx) XX:663, 1963.
10. Kain, M.L., Nunn J.F.: Gases Frescos en el Circuito de Maggill. *Anesthesiology*, 29:964, 1968
11. Mapleson, W.W. La reinhalación en varios sistemas anestésicos semicerrados. *Brit. J. Anaest.* 26:323, 1954.
12. Mapleson, W.W.: Consideraciones teóricas del efecto reinhalatorio en dos sistemas anestésicos semicerrados. *Brit. Med. J.* 14s64, 1958.
13. Mapleson, W.W.: La concentración de anestésicos en circuitos cerrados con especial referencia al Halotane. *Brit. J. Anesth.* 32:298, 1960.
14. Martín I. Gold.: Gases sanguíneos y ventilación en pacientes anestesiados. *Can. Anest. Soc.* 14 5: Sept. 1967.
15. Nunn, J.F. and Newman, H.C.: Gas inspirado reinhalación y espacio muerto en los aparatos anestésicos. *Brit. J. Anesth.* 36:5, 1964.

16. Mireles Vieyra Mario y Luz Cáceres de Tejero: Los componentes metabólicos.
17. Mireles, V.M.; Sánchez, M.R. y Mira A.M.: Valores normales pH, $p\text{CO}_2$, Sat. O_2 , déficit y exceso de base, Base Buffer, Bicarbonato Standard y actual en la ciudad de México. *Rev. Med. I.M.S.S. (Mex)*. VIII:23, 1969.
18. Morris, S.A. Winter, W.R.: Equilibrio ácido base en niños normales. *Pediatric's* 37:728, 1966.
19. Reynolds N., Roberts y Col.: Mecanismo de la apnea y respiración en niños anestesiados. *Anesthesiology*. 27 No. 1:13, 1969.
20. Narvanen Sakari: Cambios químicos y hematológicos durante la circulación extracorpórea. *Esc. Jour. Clin. Invest.* 18:91, 1966.
21. Sibers, M.H.: Alcalosis respiratoria durante la anestesia estudio experimental en el hombre. *J.A.M.A.* 113:2113, 1959.
22. Siggaard Andersen O.: El pH, logaritmo $p\text{CO}_2$ y el nomograma ácido básico revisado. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 24:587, 1962.
23. Soutarineng, T.: Respuesta Cardiovascular en la tensión arterial en el dióxido de carbono. *Act Fis. Scand. Supl.* 266:67, 1966.
24. Sykes, M.K.: Válvulas no reinhalatorias. *Brit. J. Anaesth.* 31:450, 1959.
25. Sykes, M.K.: Circuitos reinhalatorios: una revisión. *Brit. J. Anest.* 40:666, 1968.
26. García López, Francisco: Sistema de tubo en T modificado empleado en anestesia Pediátrica. Trabajo de Ingreso a la Soc. Mex. Anest. Feb. 1970.
27. Solis Martínez del Campo, García López, Fco.: Neurolépticos y analgésicos en cirugía pediátrica Trabajo de Ingreso a la Soc. Mex. Anest. Marzo 1970.
28. Guerrero Rivas, J., García López, Fco.: Anestesia con Ketalar en Cirugía Pediátrica. Trabajo de Ingreso a la Soc. Mex. Anest. Feb. 1970.