

PULSO OXIMETRIA Y CAPNOGRAFIA DURANTE LA ANESTESIA GENERAL BALANCEADA. CORRELACION CON LOS VALORES DE SaO_2 Y PaO_2

*RICARDO SÁNCHEZ
 **RAÚL CASTAÑEDA
 **ABDIEL ANTONIO
 **MARIO SUÁREZ
 ***MAURO LOYO

RESUMEN

Se estudia el grado de asociación entre la SaO_2 y NSO_2 y la PaCO_2 y PeCO_2 y la influencia de la anestesia general balanceada sobre dicha correlación, la anestesia fue inducida con tiopental y mantenida con halotano, fentanyl y relajante. En cada paciente se instaló esfigmomanómetro, estetoscopio, cardioscopio, pulso oxímetro, capnógrafo; y un catéter arterial; lo que nos permitió determinar la PA, FC, ECG, NSO_2 , PeCO_2 y SaO_2 y PaCO_2 . La relación entre estas variables fue lineal con pendiente positiva en las diferentes condiciones que se estudiaron. Se concluye que la lectura del pulso oxímetro y capnógrafo no es influida significativamente por la anestesia general balanceada.

Palabras claves: Pulso oximetría: NSaO_2 . Capnografía: PaCO_2 . Gases Arteriales: SaO_2 , PaCO_2 .
 Agentes anestésicos: halotano, fentanyl.

SUMMARY

The association's degree between SaO_2 and NSO_2 was evaluated, as well as that among PaCO_2 and PeCO_2 , it was also considered the influence of inhalation general anesthesia. Anesthesia was induced with thiopentone and maintained with halothane, fentanyl and a muscle relaxant. All patients were monitored with a cardioscope, pulse oximeter, a CO_2 analyzer, non invasive arterial blood pressure determinations and a catheter was placed in the radial artery. BP, HR, EKG, NSO_2 , PeCO_2 ; as well as SaO_2 and PaCO_2 were determined. The relationship between there variables was lineal with positive slope in the different conditions considered. It was concluded that the pulse oximeter and CO_2 analyzer readings are not significantly modified by balanced general anesthesia.

Key words: Pulse oximetry NSaO_2 . Capnography, PaCO_2 . Blood arterial gas SaO_2 , PaCO_2 .
 Anesthetic agents. Halothane, Fentanyl.

Desde que se introdujeron a la práctica clínica la pulso oximetría y capnografía, se han realizado varios estudios encaminados a establecer el grado de asociación entre los valores que dan estos métodos de monitoreo no invasivos, con los que da la determinación directa de gases sanguíneos. Así, Yelderman y New¹ y Mihm y Halpern² reportan una correlación alta ($r >$

0.95) entre la saturación arterial de oxígeno medida a través del pulso oxímetro (NSO_2) y la medida directamente en una muestra de sangre arterial (SaO_2) en sujetos sanos no anestesiados, mientras que Knill y col.³ estudiaron esta relación en pacientes sometidos a anestesia general inhalatoria con halotano, enflurano o isoflurano, con o sin óxido nítrico al 50%, encontrando tam-

*Médico Jefe.

**Médico Anestesiólogo.

***Médico Neurólogo.

Trabajo recibido del Departamento de Anestesiología y Terapia Respiratoria. Hospital de Especialidades. Centro Médico Nacional. IMSS. Recibido: 15 de febrero de 1987. Aceptado: 15 de agosto de 1987.

Sobretiros: Ricardo Sánchez Martínez. Departamento de Anestesiología. Hospital de Especialidades CMN. Ave. Cuauhtémoc 330. México. 06725, D.F.

bién una alta correlación ($r = 0.95$). Por otro lado, Takki y col.⁴ encontraron una alta correlación ($r > 0.90$) entre los valores de presión parcial espiratoria final de bióxido de carbono (P_{eCO_2}) y la presión parcial arterial del mismo (P_{aCO_2}) durante la anestesia analgésica potencializada con petidina y óxido nitroso, en pacientes con pulmones sanos y con enfermedad pulmonar; mientras que Whittessell y col.⁵ reportan una correlación moderada ($r = 0.82$) en pacientes sin enfermedad pulmonar, y baja ($r = 0.52$) en pacientes con enfermedad pulmonar sometidos a anestesia general inhalatoria con halotano o enflurano.

De acuerdo con estos antecedentes no se ha determinado el grado de asociación entre la SAO_2 y $PaCO_2$ y los valores correspondientes que se obtienen bajo pulso oximetría y capnografía en las diferentes etapas de la anestesia general balanceada.

Suponemos que cuando se mantiene estable la hemodinamia central y periférica y controlados otros factores que reconocidamente afectan la lectura del pulso oxímetro y capnógrafo, debe existir una alta correlación entre estas variables en las diferentes etapas del procedimiento anestésico.

El presente trabajo tiene por objeto establecer el grado de asociación entre la SAO_2 y NSO_2 , y la $PaCO_2$ y P_{eCO_2} , y la influencia que puede tener la anestesia general balanceada sobre dicha correlación.

MÉTODOS

Pacientes. Después de obtener la aprobación del Comité de Investigación Clínica correspondiente y el consentimiento informado, se estudiaron 10 pacientes adultos, 6 hombres y 4 mujeres, con una edad promedio de 41 ± 8 años y un peso promedio de 60 ± 6 kg., Clases 1 ó 2 (estado físico, ASA) sometidos a diferentes procedimientos quirúrgicos (Cuadro I).

Manejo anestésico. Todos los pacientes recibieron medicación preanestésica con diazepam (10 mg.) y atropina (0.5 mg.) IM 45 minutos antes de la operación, y en el quirófano una narcosis basal con diazepam (10 mg) y fentanyl (150 mcg) IV. La inducción de la anestesia se hizo con tiopental IV y para facilitar la intubación de la tráquea y mantener el bloqueo neuromuscular se administró pancuronio (6 a 8 mg.) IV. El

mantenimiento de la anestesia se llevó balanceado con halotano en concentraciones variables (0.7 a 1%) y dosis fraccionadas de fentanyl (según requerimientos).

Monitoreo. Con fines de monitoreo transanestésico, se instaló en cada paciente esfigmomanómetro, estetoscopio, cardioscopio, pulso oxímetro (Ohmeda 3700) y capnógrafo (Ohmeda 5200); y un catéter en la arteria radial (previa prueba de Allen). Lo que nos permitió determinar la presión arterial (PA), frecuencia cardíaca (FC), características del electrocardiograma (ECG), saturación de oxígeno (NSO_2), bióxido de carbono espiratorio final (P_{eCO_2}); y a partir de las muestras sanguíneas la saturación arterial de oxígeno (SAO_2) y la presión parcial arterial de bióxido de carbono ($PaCO_2$).

Estas variables fueron obtenidas en el control ($FiO_2 = 0.21$), después de la narcosis basal ($FiO_2 = 0.21$) y durante el mantenimiento anestésico ($FiO_2 = 1.0$). Los valores para análisis fueron incluidos cuando la temperatura permaneció dentro de $0.5^\circ C$ de la temperatura inicial y cuando la PA y FC no tenían variaciones mayores del 20% del control.

Análisis estadístico. El análisis de los datos incluyó los valores absolutos (media $\pm$ desviación estándar) de la SO_2 (mmHg) y PCO_2 (mmHg) determinados durante las etapas consideradas. El contraste de las diferencias se hizo con la prueba de t para datos correlacionados, y la correlación entre los valores obtenidos con los métodos no invasivos y la SAO_2 y $PaCO_2$ se expresó por el coeficiente de correlación de Pearson (r).⁶

RESULTADOS

La relación entre los valores obtenidos por los métodos no invasivos y la SAO_2 y $PaCO_2$ fue lineal con pendiente positiva en las diferentes condiciones que se estudiaron.

Relación entre la NSO_2 y SAO_2 . En el control el grado de asociación entre estos valores fue alto con una r de 0.97 ($p < 0.001$) y la recta de regresión de la SAO_2 sobre la NSO_2 quedó definida por la siguiente expresión: $SAO_2 = 41.76 + 0.56NSO_2$ (figura 1). En condiciones de narcosis basal se obtuvo una r de 0.85 ($p < 0.01$) y la ecuación de regresión correspondiente es $SAO_2 = 27.5 + 0.65 NSO_2$ (figura 2).

Durante el mantenimiento la correlación fue de 0.75 ($p < 0.001$) y la ecuación de regresión quedó expresada por: $SAO_2 = 3.96 + 0.95NSO_2$ (figura 3).

En el grupo total de pacientes se obtuvo una r promedio de 0.89 ($p < 0.001$) con la siguiente ecuación de regresión: $SAO_2 = 7.96 + 0.91NSO_2$ (figura 4).

Relación entre la P_{eCO_2} y $PaCO_2$. En el control obtuvimos un coeficiente de correlación de 0.66 ($p < 0.05$) y la ecuación de la recta de regresión quedó determinada por: $PaCO_2 = 16.91 + 0.48 P_{eCO_2}$ (figura 5).

Durante la narcosis basal la r fue de 0.90 ($p <$

CUADRO I
DIAGNOSTICO PREOPERATORIO DE LOS PACIENTES

Diagnóstico	Número
Meningioma	4
Otitis media crónica	4
Catarata traumática	2
Total	10

0.001) con la siguiente ecuación de regresión: $\text{PaCO}_2 = -10.5 + 1.39 \text{ PeCO}_2$ (figura 6).

En el mantenimiento la asociación entre estas variables nos dió una r de 0.88 ($p < 0.001$) y la ecuación de

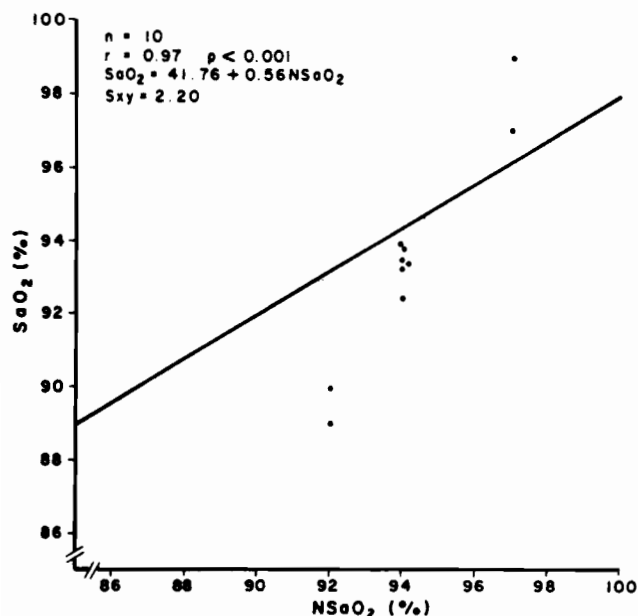


Figura 1. Correlación entre SO_2 bajo pulso oximetría (NSaO_2) y SO_2 arterial (SaO_2) en 10 pacientes adultos durante el control (bajo medicación preanestésica a base de diazepam y atropina IM y respirando espontáneamente una $\text{FiO}_2 = 0.21$). n = pares de estimaciones. r = coeficiente de correlación. p = significancia de r . $\text{SaO}_2 = 41.76 + 0.56 \text{ NSaO}_2$ es la ecuación de regresión que define la relación lineal. S_{xy} = error típico de estimación.

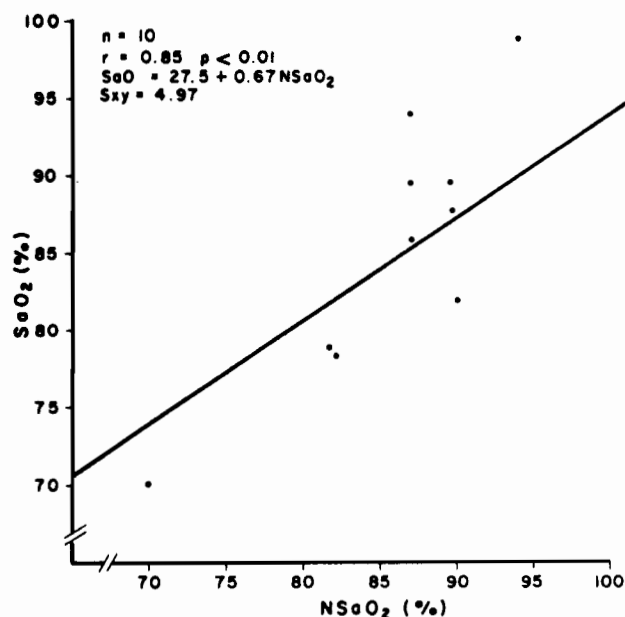


Figura 2. Correlación entre NSaO_2 y SaO_2 durante la narcosis basal (bajo droperidol y fentanyl IV, y respirando espontáneamente una $\text{FiO}_2 = 0.21$). Los estadígrafos son los mismos que en la figura 1.

regresión correspondiente es: $\text{PaCO}_2 = -2.80 + 0.99 \text{ PeCO}_2$ (figura 7).

Considerando el grupo total se obtuvo una r promedio de 0.83 ($p < 0.01$) y la ecuación de regresión quedó definida por: $\text{PaCO}_2 = -6.4 + 1.14 \text{ PeCO}_2$ (figura 8).

No hubo diferencias significativas entre los valores de NSO_2 y SaO_2 en las diferentes condiciones que se es-

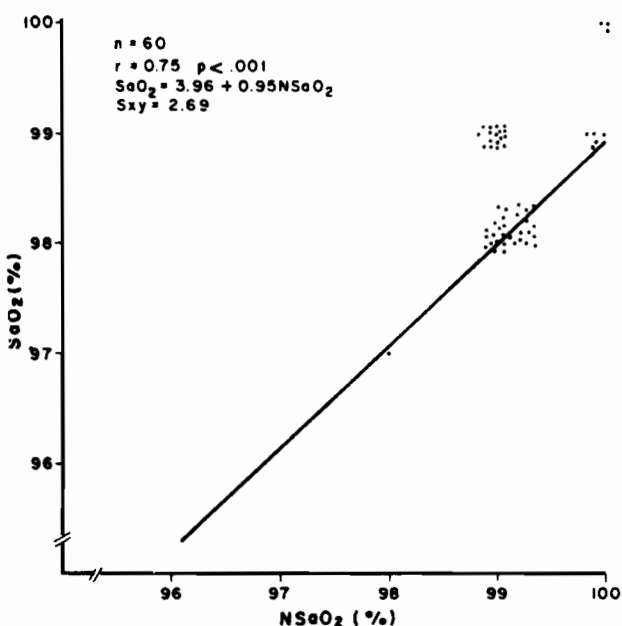


Figura 3. Correlación entre NSaO_2 y SaO_2 durante el mantenimiento anestésico (con halotano y fentanyl, y respiración controlada $\text{FiO}_2 = 1.0$). Los estadígrafos son los mismos que en la figura 1.

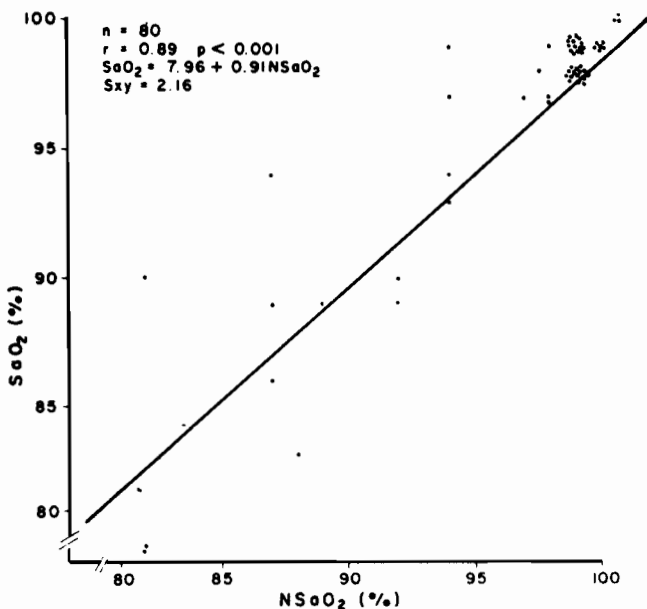


Figura 4. Correlación entre NSaO_2 y SaO_2 durante las tres condiciones (control, narcosis basal y mantenimiento). Los estadígrafos son los mismos que en la figura 1.

tudieron, mientras que cuando contrastamos los valores de PCO_2 no hubo diferencias significativas en el control, pero si durante la narcosis basal y el mantenimiento. En la narcosis basal la $PeCO_2$ fue significativamente ($p < 0.01$) y en el mantenimiento fue significativamente menor ($p < 0.001$) que la $PaCO_2$ (Cuadro II).

COMENTARIO

Durante la narcosis basal disminuyó la SO_2 y el coe-

CUADRO II
VALORES ABSOLUTOS (MEDIA $\pm$ DESVIACION ESTANDAR) DE LA SO_2 Y PCO_2 OBTENIDOS POR LOS METODOS NO INVASIVOS Y A PARTIR DE LA DGSA EN EL CONTROL Y NARCOSIS BASAL ($FiO_2 = 0.21$) Y EL MANTENIMIENTO ($FiO_2 = 1.0$)

	No invasivo	D.G.S.A.
SO_2		
Control	94.2 $\pm$ 1.7	93.6 $\pm$ 2.9
Narcosis basal	84.6 $\pm$ 6.9	85.5 $\pm$ 8.8
Mantenimiento	98.3 $\pm$ 0.7	99.0 $\pm$ 0.5
PCO_2		
Control	31.6 $\pm$ 2.5	30.8 $\pm$ 3.5
Narcosis basal	35.3 $\pm$ 5.1	32.5 $\pm$ 3.3*
Mantenimiento	25.2 $\pm$ 4.8	28.4 $\pm$ 4.3 +

* $p < 0.01$

+ $p < 0.001$

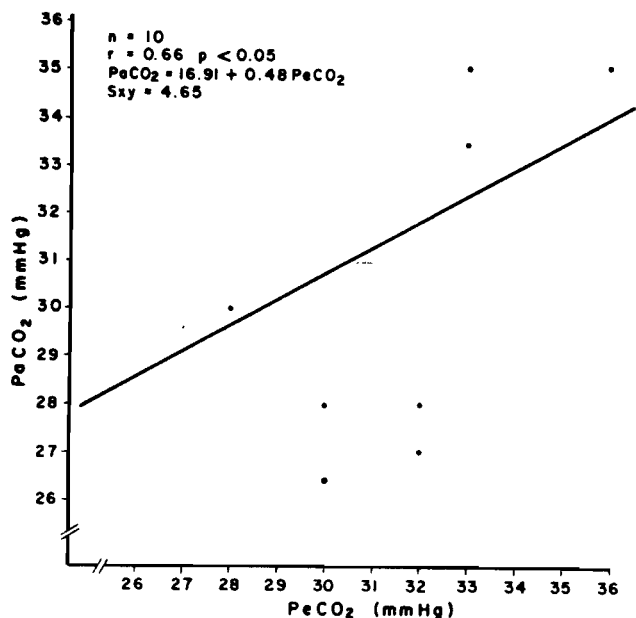


Figura 5. Correlación entre bióxido de carbono espiratorio final ($PeCO_2$) y presión parcial arterial de bióxido de carbono ($PaCO_2$) durante el control (bajo medicación preanestésica a base de diazepam y atropina IM, y respirando espontáneamente una $FiO_2 = 0.21$). n = pares de estimaciones. r = coeficiente de correlación. p = significancia de r . $PaCO_2 = 16.91 + 0.48 PeCO_2$ es la ecuación de regresión que define la relación lineal. Sxy = error típico de estimación.

ficiente r , aunque los valores de NSO_2 y SaO_2 siguieron manteniendo un alto grado de asociación ($r = 0.85$); mientras que en el mantenimiento aumentaron los valores absolutos de la SO_2 y disminuyó la r ($r = 0.75$). Estos efectos pueden relacionarse con las condiciones de

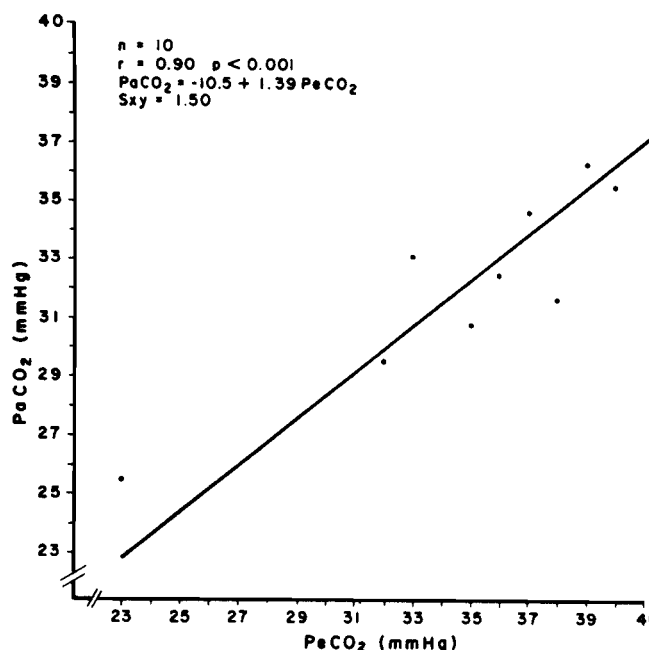


Figura 6. Correlación entre $PeCO_2$ y $PaCO_2$ durante la narcosis basal (bajo droperidol y fentanyl IV, y respirando espontáneamente una $FiO_2 = 0.21$). Los estadígrafos son los mismos que en la figura 5.

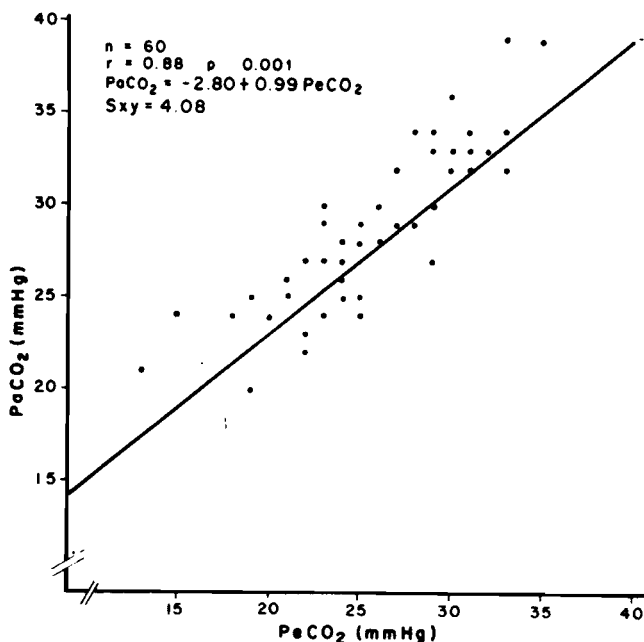


Figura 7. Correlación entre $PeCO_2$ y $PaCO_2$ durante el mantenimiento anestésico (con halotano y fentanyl, y respiración controlada $FiO_2 = 1.0$). Los estadígrafos son los mismos que en la figura 5.

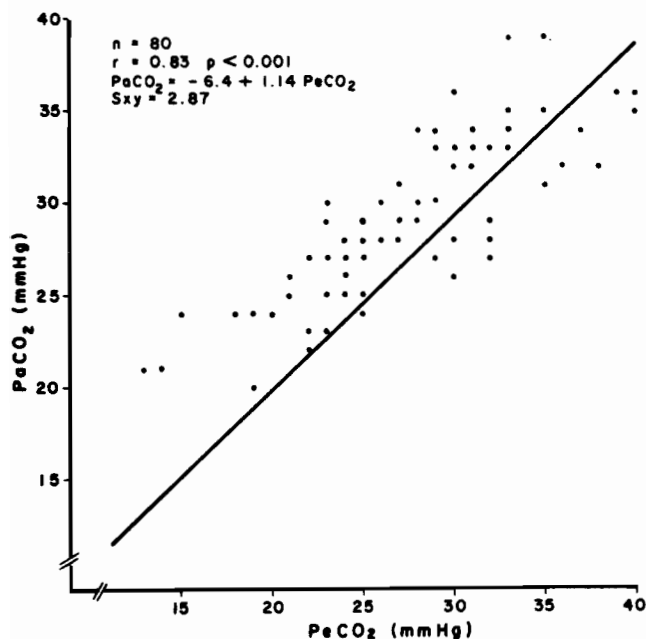


Figura 8. Correlación entre $PeCO_2$ y $PaCO_2$ durante las tres condiciones (control, narcosis basal y mantenimiento). Los estadígrafos son los mismos que en la figura 5.

oxigenación y ventilación presentes durante la narcosis basal y el mantenimiento anestésico, y que incluyen principalmente variaciones en la FiO_2 , PaO_2 y $PaCO_2$. Durante la narcosis basal los datos fueron tomados a una FiO_2 del 0.21 y bajo el efecto de dos fármacos (diazepam y fentanyl) que reconocidamente ocasionan depresión respiratoria. Mientras que durante el mantenimiento los datos se obtuvieron con el paciente intubado y respirando una FiO_2 de 1.0, lo cual condicionó un aumento relacionado de la PaO_2 y SaO_2 . De acuerdo con

nuestros resultados, Barker y col.⁷ encontraron que la correlación entre la NSO_2 y SaO_2 es más sensible a los cambios de la FiO_2 que al estado físico del paciente. Por otro lado, Knill y col.³ reportan que la pulso oximetría tiende a sobreestimar los valores más bajos de SaO_2 (< 80%), pero mantiene estable la relación entre ambos valores y además valores tan bajos de SaO_2 son poco frecuentes durante la anestesia general.

Por otro lado, cuando estudiamos la relación entre la $PeCO_2$ y $PaCO_2$ encontramos una correlación moderada ($r = 0.66$) en el control, que aumentó considerablemente durante la narcosis basal y el mantenimiento, además durante la narcosis basal la $PeCO_2$ fue significativamente mayor que la $PaCO_2$, mientras que en el mantenimiento fue significativamente menor. Varios autores^{2, 8, 9} han reportado una buena correlación entre la $PeCO_2$ y $PaCO_2$ que se mantiene estable en diferentes condiciones de ventilación y temperatura. Además han establecido que la $PaCO_2$ media excede a la $PeCO_2$ media por 4.5 a 4.7 torr durante la anestesia con respiración espontánea o controlada. Sin embargo, nosotros obtuvimos una $PeCO_2$ ligeramente mayor que la $PaCO_2$ cuando el paciente respiraba espontáneamente (control y narcosis basal), y una $PeCO_2$ menor cuando estaba intubado con respiración controlada, lo cual probablemente se deba a que durante el mantenimiento anestésico ocurren cambios importantes en la relación ventilación/perfusión que se manifiestan en este caso por una diferencia arterio-espирatoria de la PCO_2 .

De acuerdo con nuestros resultados podemos concluir que la pulso oximetría y capnografía son dos métodos de monitoreo no invasivo que nos permiten determinar en forma continua la NSO_2 y $PeCO_2$ y cuya lectura no es influida significativamente por la anestesia general balanceada.

Reconocimientos:

Los autores expresan su agradecimiento a la QFB María Luisa Mira, por haber procesado las muestras sanguíneas para la DGSA.

REFERENCIAS

1. YELDERMAN M, NEW W. *Evaluation of Pulse Oximetry*. Anesthesiology 1983; 59:349-352.
2. MIHM F, HALPERIN B. *Non invasive detection of profound arterial desaturation using a pulse oximetry device*. Anesthesiology 1985; 85-87.
3. KNILL R, CLEMENT J, KIERASZEWICZ H, DODGSON B. *Assessment of Two non invasive monitors of arterial oxygenation in anesthetized man*. Anesth Analg 1982; 61:582-6.
4. TAKKI S, AROMAA U, KAUSTE A. *The validity and usefulness of end-tidal pCO_2 during anaesthesia*. Annals of clinical Research 1972; 4:278-284.
5. WHITESSELL R, ASIDDAO C, GOLDDMAN D, JABLONSKI J. *Relationship between arterial and peak expired carbon dioxide pressure during anesthesia and factors influencing the difference*. Anesth Analg 1981; 60:508-12.
6. BARKER S, TREMPER K, GAMEL D. *A clinical comparison of transcutaneous PO_2 and pulse oximetry in the operating room*. Anesth Analg 1986; 65:805-808.
7. DOWNIE M N, HEAT W R. *Métodos estadísticos aplicados*. 1a Ed. México. Harper and Row Latinoamericana, 1973.
8. RAEMER D, FRANCIS D, PHILIP J, GABEL R. *Variation in PCO_2 between arterial blood and peak expired gas during anesthesia*. Anesth Analg 1983; 62:1065-9.
9. NUNN J F, HILL D W. *Respiratory dead space and arterial to end-tidal CO_2 tension difference in anesthetized man*. J Appl Physiol 1960; 15:383-389.