



# MEDIDA NO INVASIVA DE LA SATURACION ARTERIAL DE OXIGENO MEDIANTE PULSIOXIMETRIA

L. M. Hernández Blasco, J. L. Guerra Vales, M. A. Juretschke Moragues, E. de Miguel Poch, J. Palomera Fradé, H. Laaboudi y P. Martín Escribano.

Servicio de Neumología. Hospital 12 Octubre. Madrid.

Se compara la medida de la saturación arterial de la oxihemoglobina ( $\text{SaO}_2\%$ ) por dos procedimientos: oximetría no invasiva con el pulsioxímetro Ohmeda 3700 ( $\text{SaO}_2\% \text{ o}$ ) y cálculo a partir de los datos de pH,  $\text{pO}_2$  y  $\text{pCO}_2$  de las muestras de sangre arterial ( $\text{SaO}_2\% \text{ a}$ ) obtenidas de 311 pacientes consecutivos remitidos a nuestro laboratorio funcional pulmonar. La correlación entre las dos medidas fue buena en el grupo total ( $r=0,936$ ;  $\text{SaO}_2\% \text{ a} = 0,927 \text{ SaO}_2\% \text{ o} + 7,089$ ). Aunque la diferencia entre las dos medias era muy pequeña ( $\bar{x} \text{ SaO}_2\% \text{ o} - \bar{x} \text{ SaO}_2\% \text{ a} = 0,32\%$ ) alcanzó significación estadística. La presencia de esmalte de uñas, ictericia o haber fumado en la hora previa al estudio parecieron influir en las medidas del pulsioxímetro. Las diferencias de los valores obtenidos por los dos métodos aumentaron en niveles de  $\text{SaO}_2$  inferiores a 80 %.

*Arch Bronconeumol 1989; 25:197-199.*

## Introducción

La oximetría por absorción es una técnica no invasiva de monitorización rápida y continua de la saturación arterial de la oxihemoglobina ( $\text{SaO}_2\%$ ); puede ser útil en la demostración de hipoxemia durante el ejercicio<sup>1</sup>, sueño<sup>2</sup>, anestesia<sup>3</sup>, ventilación mecánica<sup>4</sup> o durante la ejecución de determinadas exploraciones invasivas, como la broncoscopia<sup>5</sup>.

La aparición de los modernos pulsioxímetros ha supuesto una notable mejora técnica al poder distinguir la absorción correspondiente a la sangre arterial de la de los tejidos y sangre venosa<sup>6</sup>; además son más fáciles de manejar y transportar.

El propósito del presente estudio fue el de establecer la fiabilidad, en nuestros pacientes, de la medida de la saturación de la oxihemoglobina arterial con el pulsioxímetro Ohmeda Biox 3700.

## Material y métodos

El estudio se diseñó para medir la  $\text{SaO}_2\%$  por dos métodos diferentes y de forma simultánea en una muestra no seleccionada de 311

## Noninvasive measurement of arterial oxygen saturation with pulsioxymetry

The measurements of arterial saturation of oxyhemoglobin ( $\text{SaO}_2\%$ ) with two methods were compared: noninvasive oxymetry with the pulsioxymeter Ohmeda 3700 ( $\text{SaO}_2\% \text{ o}$ ), and calculation from the pH,  $\text{pO}_2$  and  $\text{pCO}_2$  in samples of arterial blood ( $\text{SaO}_2\% \text{ a}$ ) obtained from 311 consecutive patients referred to our pulmonary function laboratory. The correlation between the two measurements was good in the overall group ( $r=0,936$ ;  $\text{SaO}_2\% \text{ a} = 0,927 \text{ SaO}_2\% \text{ o} + 7,089$ ). Although the difference between both mean values was very small ( $\bar{X} \text{ SaO}_2\% \text{ o} - \bar{X} \text{ SaO}_2\% \text{ a} = 0,32\%$ ), it reached statistical significance. The presence of nail enamel or jaundice, or having smoked in the hour preceding the study, seemed to influence the measurements of the pulsioxymeter. The differences in the values with both methods widened in  $\text{SaO}_2$  levels lower than 80 %.

pacientes adultos de raza blanca, que corresponden al total remitido de forma consecutiva a nuestro laboratorio de exploración funcional pulmonar en un período de tiempo de dos semanas. Se determinó el  $\text{SaO}_2\%$  en sangre arterial por dos métodos:

- 1) Oximetría por absorción con el sensor de dedo del pulsioxímetro Ohmeda 3700 ( $\text{SaO}_2\% \text{ o}$ );
- 2) Cálculo a partir de los datos de pH,  $\text{PO}_2$  y  $\text{PCO}_2$  de una muestra de sangre arterial ( $\text{SaO}_2\% \text{ a}$ ) medida con el analizador II. 1306 (Instrumentation Laboratories)<sup>7</sup>.

Los pacientes estaban en reposo, en posición semisentada, respirando aire ambiente, sin signos de inestabilidad hemodinámica. Se señaló la existencia de ictericia, esmalte de uñas, frecuencia cardíaca, porcentaje de sobrepeso y tiempo desde el último consumo de tabaco. La colocación del sensor y la extracción de sangre se realizó en brazos diferentes. La punción arterial se hizo sin anestesia local, dejando fluir lentamente la sangre arterial a la jeringuilla. La lectura oximétrica ( $\text{SaO}_2\% \text{ o}$ ) se consideró estable si durante los 5 a 15 segundos de la extracción de la muestra no oscilaba más de 1 %. La muestra de sangre arterial se analizó inmediatamente.

Para el análisis estadístico se utilizó la t de Student, el coeficiente de correlación y el análisis de regresión lineal. Se consideró como nivel de significación de p el habitual en los estudios biológicos de  $p < 0,05$ .

## Resultados

Las  $\text{SaO}_2\%$  de los 311 casos estuvieron dentro del intervalo entre 55 y 98 %. El coeficiente de correlación (r) entre las dos medidas,  $\text{SaO}_2\% \text{ (a)}$  y  $\text{SaO}_2\% \text{ (o)}$

Recibido el 25-8-88 y aceptado el 20-2-89

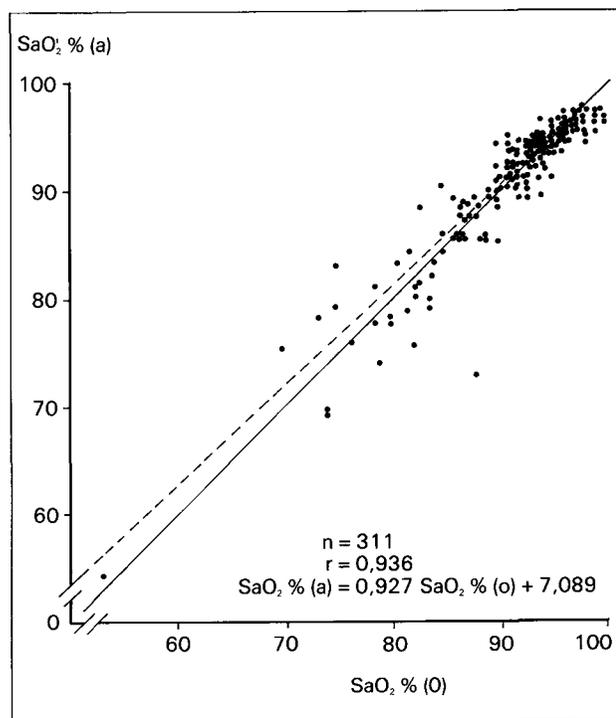


Fig. 1. Relación  $SaO_2\%$  (a) -  $SaO_2\%$  (o) en el grupo total de pacientes  $SaO_2\%$  (a): Saturación de oxígeno medida en sangre arterial.  $SaO_2\%$  (o): Saturación de oxígeno medida con pulsioxímetro.  
 - - - línea de regresión  
 — línea de identidad

(o), para el grupo total de pacientes fue  $r = 0,936$ , siendo la ecuación de regresión:  $SaO_2\%$  (a) =  $0,927 SaO_2\%$  (o) +  $7,089$ . En la tabla I se expresan los datos correspondientes al grupo de pacientes con  $SaO_2$  inferior a  $80\%$ , ictericia, esmalte de uñas, total de pacientes y aquellos que habían fumado en la hora previa al estudio. Aunque la diferencia entre las medias de las dos medidas ( $SaO_2\%$  a y  $SaO_2\%$  o) fue pequeña ( $\bar{x} SaO_2\%$  o -  $\bar{x} SaO_2\%$  a =  $0,32\%$ ), alcanzó significación estadística en el grupo total de pacientes ( $t = 2,87$ ,  $p = 0,004$ ) y en el grupo con ictericia ( $t = 3,46$ ,  $p = 0,008$ ) (figs. 1 y 2).

Hubo ocho pacientes ( $2,6\%$ ) en donde la  $SaO_2(o)$  se separó más del  $5\%$  de la  $SaO_2(a)$  correspondiente (en sólo uno esta diferencia fue superior al  $10\%$ ), todos estos pacientes menos uno tenían  $SaO_2\%$  inferiores a  $90\%$ .

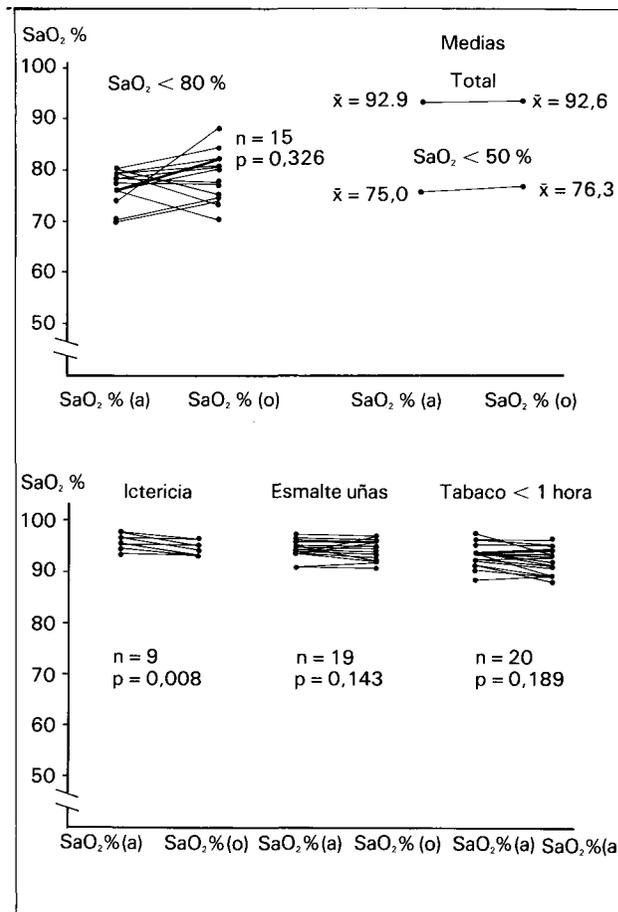


Fig. 2. Comparación de los datos pareados de la  $SaO_2\%$ .

El porcentaje de sobrepeso y la frecuencia cardiaca no parecieron influir en la medida del pulsioxímetro.

### Discusión

La principal ventaja de la oximetría radica en la monitorización no invasiva, instantánea y continua de la oxigenación arterial, con fácil aplicación clínica en ventilación artificial, anestesia y diferentes maniobras diagnósticas y terapéuticas<sup>8,9</sup>.

Los primeros oxímetros no diferenciaban la absorción de la luz correspondiente a la sangre arterial de la absorción de los tejidos y sangre venosa circundante.

TABLA I  
 Relación entre  $SaO_2\%$  medida en una muestra de sangre arterial,  $SaO_2\%$  a, y con el pulsioxímetro,  $SaO_2\%$  o

	n	$SaO_2\%$ a		$SaO_2\%$ o		Ec. regresión		
		X (SD)		X (SD)		r	a	b
Grupo total	311	92,9 (5,5)*		92,6 (5,5)		0,94	7,09	0,927
$SaO_2 < 80\%$	15	75,0 (6,3)		76,3 (7,0)		0,76	28,23	0,613
Ictericia	9	96,4 (1,3)*		95,4 (1,2)		0,77	16,62	0,836
Esmalte uñas	19	95,6 (1,6)		95,1 (1,8)		0,70	38,87	0,596
Tabaco hora previa	20	93,5 (2,4)		94,3 (2,4)		0,75	24,60	0,741

n = número de casos; X = media aritmética; SD = desviación estándar; \* = diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) por el test de Student para datos pareados.  
 Ecuación de regresión  $y = a + bx$ ;  $y = SaO_2\%$  a;  $x = SaO_2\%$  o



tes. Este inconveniente se ha solucionado con la introducción de los pulsioxímetros, que funcionan al colocar un lecho vascular arterial pulsátil (dedo, lóbulo de la oreja) entre una fuente de luz de dos longitudes de onda conocidas (luz roja a 660 nm y luz infrarroja a 940 nm en nuestro pulsioxímetro) y un fotodetector, que produce una señal eléctrica proporcional a la intensidad de la luz incidente. El lecho vascular pulsátil, al expandirse y relajarse, crea un cambio en el paso de la luz que es captado por el fotodetector. El pulsioxímetro posee un sistema de autocalibración interno, controlado por un microprocesador, lo que lo hace estar listo para su uso a los pocos segundos de conectarlo. También tiene un sistema de alarma para detectar situaciones de mala calidad de la señal. Como la base de la pulsioximetría son los cambios en la absorbancia de la luz producidos por las pulsaciones arteriales, se deduce que cualquier hecho que reduzca esta pulsación va a interferir en las medidas del pulsioxímetro: hipotensión, administración de drogas vasoactivas, hipotermia,... También se ha señalado que la presencia de ictericia, esmalte de uñas o dishemoglobinemias (carboxihemoglobina, metahemoglobina,...) podían afectar la medición por oximetría no invasiva<sup>10,11</sup>.

El fácil manejo y transporte del pulsioxímetro Ohmeda 3700, la disponibilidad de cómodos sensores de oreja o de dedo y la capacidad de almacenar los datos de las últimas ocho horas de funcionamiento en una memoria interna para su posterior registro gráfico o análisis con un microordenador, hace que nos sea muy útil en nuestro servicio para la monitorización no supervisada de la SaO<sub>2</sub> % durante el sueño nocturno.

Este estudio ha pretendido demostrar la corrección de las lecturas de este equipo, comparándolas con la medida directa de la sangre arterial y el cálculo de la saturación a partir de los datos de PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> y pH según el método perfectamente establecido por Kelman y Nunn<sup>7</sup>. Nuestros datos indican, como los de otros autores<sup>12</sup>, que este oxímetro, funcionando con su sensor de dedo, proporciona globalmente una medida útil de la SaO<sub>2</sub> % arterial en el rango superior a 80 %. Aunque la mayoría de situaciones clínicas en las que se puede utilizar la pulsioximetría van a estar comprendidas en dicho rango, sería necesario conocer su seguridad en valores inferiores a 80 % en ulteriores y más amplios estudios.

El menor coeficiente de correlación obtenido en los distintos subgrupos analizados puede reflejar una verdadera afectación de la seguridad de las medidas del pulsioxímetro<sup>8,9</sup> o estar influenciado por el tamaño reducido de las muestras. La menor correlación observada en los valores obtenidos de pacientes con hábito tabáquico y que habían fumado en la hora previa al estudio puede reflejar niveles elevados de carboxihemoglobina, ya que se ha señalado que concentraciones sanguíneas de carboxihemoglobina superiores al 3 % pueden alterar los resultados del oxímetro<sup>10,11</sup>.

Las ecuaciones de regresión obtenidas en este estudio permiten calcular una rápida correspondencia en-

tre los valores de SaO<sub>2</sub> % a y SaO<sub>2</sub> % o. Aunque la seguridad de las lecturas del pulsioxímetro fue adecuada para propósitos clínicos, pueden existir casos individuales en los que la discrepancia entre la SaO<sub>2</sub> % o y la SaO<sub>2</sub> % a sea lo suficientemente importante para conducir a un error significativo si se utiliza solamente la lectura del pulsioxímetro como la única medida de la oxigenación del paciente<sup>12</sup>. Hubo ocho pacientes en nuestro estudio (2,6 %) en los que la SaO<sub>2</sub> % o se separó más del 5 % de la SaO<sub>2</sub> % a. Al analizar la repercusión clínica de este hecho, es importante considerar la forma sigmoide de la curva de disociación de la oxihemoglobina: en la porción superior aplanada de dicha curva, una variación de  $\pm 5$  % de SaO<sub>2</sub> % se asocia con diferencias marcadas de la PaO<sub>2</sub> (por ejemplo, una lectura oximétrica de 90 % podría corresponder a valores de PaO<sub>2</sub> en el rango entre 50 y 75 mmHg); en la pendiente de la curva, esta diferencia se asociaría con un menor rango, pero aún significativo, de valores de PaO<sub>2</sub>. Por ello pensamos que cuando se desee un alto grado de seguridad o se utilice el oxímetro para la monitorización continua de la SaO<sub>2</sub> %, y en las circunstancias reseñadas en que esta seguridad es menor (ictericia, presencia de esmalte de uñas o inhalación reciente de humo de tabaco), recomendamos una calibración previa con una medida directa en una muestra de sangre arterial.

#### Agradecimientos

Nuestra más sincera gratitud al personal de enfermería de nuestro laboratorio funcional pulmonar (Sras. J. de Miguel de Miguel, B. Cuesta Calzada y E. Salcedo Mariñas) por su ayuda en la realización del trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Ries AL, Farrow JT, Clausen JL. Accuracy of two ear oximeters at rest and during exercise in pulmonary patients. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132:685-689.
2. Warley AR, Mitchell JH, Stradling JR et al. Evaluation of the Ohmeda 3700 pulse oximeter. *Thorax* 1987; 42:892-896.
3. Carmona Aurióles JA, Gilsanz F, Del Caño MC et al. Saturación arterial de oxígeno durante el transporte postoperatorio mediante oximetría de pulso. *Arch Bronconeumol* 1988; 24(Suppl. 1):34.
4. Cecil WT, Petterson MT, Lagoonpun S, Rudolph CD. Clinical evaluation of the Biox II a ear oximeter in the critical care environment. *Respir Care* 1985; 30:179-183.
5. Ghows MB, Rosen MJ, Chuang MT et al. Transcutaneous oxygen monitoring during fiberoptic bronchoscopy. *Chest* 1986; 89:543-544.
6. Yelderman M, Nem W. Evaluation of pulse oximetry. *Anesthesiology* 1983; 59:549-552.
7. Kelman GR, Nunn JF. Nomograms for correction of blood PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>, pH and base excess for time and temperature. *J Appl Physiol* 1966; 21:1484-1490.
8. Burki NK. Arterial blood gas measurement. *Chest* 1985; 88:3-4.
9. Burki NK, Albert R. Noninvasive monitoring of arterial blood gases. A report of the ACCP section on respiratory pathophysiology. *Chest* 1983; 83:666-670.
10. Sociedad Española de Patología Respiratoria. Normativa sobre gasometría arterial. Ed. Doyma, Barcelona 1986.
11. Ries AL. Oximetry. Know thy limits. *Chest* 1987; 91:316.
12. Tweeddale PM, Douglas NJ. Evaluation of Biox II ear oximeter. *Thorax* 1985; 40:825-827.