

Correlación entre pulsioximetría y saturación arterial de oxígeno en pacientes en cuidado intensivo

Abraham R. Alí-Munive, Pilar Rodríguez, Sandra Gómez, Ana María Arce, Edna Rodríguez · Bogotá, D.C.

Objetivo: en pacientes de la unidad de cuidado intensivo es muy importante la cuantificación de saturación periférica de O₂ (SpO₂) y la saturación arterial de O₂ (SaO₂); y la correlación de estos registros puede evitar el uso innecesario de estudios y facilitar la toma rápida de decisiones a través de una oximetría.

Antecedentes: establecer la concordancia existente entre la saturación periférica de O₂ medida por pulsioximetría y la saturación arterial de O₂ determinada por gasimetría arterial.

Material y métodos: se tomaron muestras de gases arteriales y simultáneamente se registró el valor de pulsioximetría. Se recolectaron 301 muestras, de 89 pacientes. Los casos estudiados correspondían a pacientes hospitalizados en la UCI médica de la Fundación Cardio-Infantil, mayores de 18 años y que tuvieran una línea arterial funcionando. La mayoría de los pacientes tenían falla respiratoria y procesos sépticos. El estudio se realizó entre noviembre de 2000 y diciembre de 2001. Las variables que se tuvieron en cuenta fueron: género, edad, raza, tensión arterial media, calidad del pulso radial, inotrópicos, estado de tabaquismo, pH, pCO₂, pO₂, saturación de O₂ de la muestra arterial, valor de la pulsioximetría, hemoglobina, pigmentos posibles en el paciente, fenómeno de Raynaud, sedación, ventilación mecánica, PEER, fracción inspirada de oxígeno (FIO₂).

Resultados: hubo una excelente concordancia entre la SpO₂ y SaO₂. (Rho 0,785) Posteriormente se constituyeron dos grupos, el primero conformado por aquellos pacientes con una diferencia entre SpO₂ y SaO₂ menor o igual a 2% y el segundo con una diferencia superior a éste, encontrando diferencias estadísticamente significativas en el PEEP, la fracción inspirada de oxígeno, la presión arterial de oxígeno y la sedación.

Conclusiones: la pulsioximetría es una medida confiable y se constituye en un adecuado reemplazo en caso de querer evaluar la oxigenación (*Acta Médica Colombiana* 2002; 27:162-169).

Palabras claves: *pulsioximetría, saturación, concordancia.*

Introducción

Uno de los equipos de medición más usados en cuidado intensivo es el oxímetro, pero es muy importante determinar el grado de aceptación de los parámetros que mide. En muchas ocasiones se decide efectuar un control de gases arteriales por los hallazgos en la oximetría, pero la correlación entre estos dos resultados determina la posibilidad de tomar conductas en Unidad de Cuidado Intensivo (UCI), sin gases arteriales, cuando no se requiere la valoración del CO₂.

Oximetría es la medida espectrofotométrica aplicada a la detección de la hemoglobina oxigenada y reducida. La espectrofotometría (principio fundamental de la oximetría), es un método de detección óptico que utiliza las propieda-

des de las moléculas con respecto a la reflexión de la luz para medir la concentración de especies químicas en un medio gaseoso o líquido. Se basa en la ley de Beer-Lambert, que señala que la absorbancia óptica es proporcional a la concentración de la sustancia y al espesor del medio en que ella está. Relaciona la concentración del soluto con la intensidad de la luz transmitida a través de una solución.

Dr. Abraham R Alí-Munive: Internista-Neumólogo, Director Unidad de Cuidado Intensivo Médico, Fundación Neumológica Colombiana y Fundación Cardio-Infantil; Ft. Pilar Rodríguez A.: Coordinadora de Terapia Respiratoria en Cuidado Crítico; Ft. Sandra Gómez A., Tr. Ana María Arce y Tr. Edna Rodríguez: Fundación Neumológica Colombiana. Unidad de Cuidado Intensivo Médico, Fundación Neumológica Colombiana. Fundación Cardio-Infantil, Instituto de Cardiología. Bogotá, D.C.

$$I_{\text{ext}} = I_{\text{in}} e^{-(DCx)}$$

Donde I_{ext} es la intensidad de la luz proveniente del medio exterior de la muestra, I_{in} es la intensidad de la luz dentro de la muestra, e es la base del logaritmo natural, D es la distancia a través de la cual la luz viaja, C es la concentración de la sustancia (hemoglobina), y x es el coeficiente de extinción del soluto (una constante para una solución dada en una longitud de onda específica) (1).

La hemoglobina cambia su configuración estructural cuando interviene en una reacción química y cada configuración tiene un patrón diferente con respecto a la reflexión de la luz. A longitudes de onda de 660 nanómetros (espectro rojo) la hemoglobina oxigenada refleja la luz de modo más efectivo que la desoxigenada; a 940 nanómetros (espectro infrarrojo) la hemoglobina desoxigenada refleja la luz con mayor efectividad. Ambas concentraciones se expresan como la fracción de hemoglobina que se halla en forma oxigenada o el porcentaje de saturación de hemoglobina.

$$\% \text{ de saturación} = (\text{HbO}_2 / \text{HbO}_2 + \text{Hb}) \times 100$$

La mayoría de los pulsioxímetros muestran una forma de onda pletismográfica que puede ayudar a distinguir clínicamente entre una señal artificial y una señal real (1, 2).

En cuanto a la saturación arterial de oxígeno, puede ser calculada aproximadamente obteniendo la presión arterial de oxigenación (PaO_2), el pH y la temperatura de una muestra de sangre arterial. El método utilizado para este cálculo fue descrito en 1966 por Severinghaus y constituye la forma más adecuada para llegar a este valor. Consiste en realizar nomogramas a través de métodos de alineamiento en tres escalas, en las cuales cada una de ellas representa las variables descritas anteriormente. Sin embargo, existe otra variable que puede alterar la curva de disociación de oxígeno, el 2,3-difosfoglicerato (DPG), cuya presencia desvía la curva hacia la derecha, pero esta alteración también influye en la medición de saturación por pulsioximetría (3).

Todos los electrodos utilizados en el análisis de gases sanguíneos miden cambios en la corriente eléctrica o en el voltaje y se igualan estos cambios con mediciones químicas (4).

El objetivo del estudio fue determinar la concordancia que existe entre la pulsioximetría y la saturación arterial de oxígeno. Adicionalmente, identificar las variables que determinan que esta relación sea buena o mala. La importancia del estudio radica en la posibilidad de tomar decisiones en cuanto a oxigenación, sin necesidad de acudir a los gases arteriales. Otro punto de trascendental valor es determinar cuándo esta correlación puede considerarse fallida, de acuerdo con las características clínicas o paraclínicas del paciente

Material y métodos

Se realizó un estudio de pruebas diagnósticas para evaluar la concordancia entre la pulsioximetría y la saturación arterial de oxígeno por gases sanguíneos. La población estudiada fueron pacientes de la unidad de cuidado intensivo médico de la Fundación Cardio-Infantil y Fundación Neumológica Colombiana, que presentaban patologías graves y eran mayores de 18 años. El estudio se realizó entre noviembre de 2000 y diciembre de 2001.

De acuerdo con los criterios establecidos, la terapeuta respiratoria de turno en la unidad de cuidados intensivos evaluaba la elegibilidad del paciente, que cumpliera con los siguientes criterios de inclusión: pacientes hospitalizados en la unidad médica de cuidados intensivos, con una línea arterial funcionando para evitar muestras venosas o mezcladas. Los criterios de exclusión fueron tener una curva de saturación por pulsioximetría no adecuada (se considera una curva adecuada a aquella en la que se observa la morfología dicota, compatible con los valores de tensión arterial), no marcación del valor en el oxímetro de pulso y ser menor de 18 años.

Fueron estudiadas 301 muestras de 98 pacientes. El tamaño de la muestra se calculó a través de una prueba piloto, dando como resultado 289 muestras, con un valor de 0,05 y de 0,2, con un valor de prueba para hipótesis nula de 0,8; se tomó como estimativo poblacional o 0,87.

Las variables que se tuvieron en cuenta son: género, edad, raza, tensión arterial media, calidad del pulso radial, inotrópicos, estado de tabaquismo, pH, pCO_2 , pO_2 , saturación de O_2 de la muestra arterial (SaO_2), valor de la pulsioximetría (SpO_2), hemoglobina, pigmentos posibles en el paciente, fenómeno de Raynaud, sedación, ventilación mecánica, PEEP y fracción inspirada de oxígeno (FI_{O_2}).

Para la comparación de pulsioximetría con la saturación arterial de oxígeno, se recogió una muestra de sangre arterial que fue tomada a través de un catéter. Esta muestra se procesó en una máquina de gases arteriales BGM Blood Gas Manager System 1312, la cual calcula la saturación arterial de oxígeno mediante la siguiente fórmula:

$$\text{SO}_2 = \frac{p^3 + 150p}{P^3 + 150p + 23400} \quad (100)$$

$$\text{Donde } p = (\text{PO}_2) 10^{[0,48(\text{pH}-7,4) + 0,0013(25-\text{HCO}_3)]}$$

Exactamente al mismo tiempo en que la muestra era recolectada se tomó una pulsioximetría del paciente, verificando antes la calidad de la curva pletismográfica. La medición de la pulsioximetría se realizó con un monitor Hewlett Packard Viridia M24.

La elaboración de este trabajo no implicó costos diferentes al manejo normal de los pacientes, debido a que la toma de los gases arteriales siempre fue la indicada en los pacientes críticos. No hubo financiación exterior.

Para el análisis estadístico, en primer lugar, se calcularon medidas de tendencia central (promedio), de dispersión (desviación estándar, valores mínimos y máximo) para las variables de naturaleza cuantitativa, y proporciones para las variables de naturaleza cualitativa.

Posteriormente, se determinó la concordancia existente entre la SpO₂ y la SaO₂ por medio del coeficiente de correlación intraclase. La muestra se dividió en dos grupos dependiendo de la diferencia entre los valores medidos de SpO₂ y SaO₂. El primer grupo lo conformaron las mediciones con una diferencia menor o igual a 2%, y el segundo grupo los que tenían una diferencia mayor de 2%. Se compararon las características basales y las variables que pudieron influir en las diferencias encontradas, utilizando la prueba de ANOVA para las variables cuantitativas y el estadístico para las variables cualitativas.

Se empleó un nivel de significación de 5%, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 10.0 y la correlación intraclase con Stata 6.0.

Resultados

En el estudio se recolectaron 301 muestras de 89 pacientes que se encontraban hospitalizados en la unidad de cui-

dad intensivo médico, que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Las patologías de estos pacientes fueron diversas y con la epidemiología usual en una UCI médica, encontrándose predominio de la falla respiratoria y de los procesos sépticos.

Los pacientes estudiados tenían una edad promedio de 57 años, con un rango entre 18 y 96 años; de ellos 166 (55,1%) eran de sexo masculino y 135 (44,9%) eran de sexo femenino. En cuanto al tabaquismo, no habían fumado nunca 221 (73,4%), fumaron entre 5-10 paquetes/año 4 (1,3%), y más de 10 paquetes/año 73 (24,3%); el promedio de tensión arterial fue 90 mmHg; el promedio de frecuencia cardíaca 91 latidos/minuto; el promedio de temperatura 36,8°C; pH promedio 7,36 y en cuanto a ventilación mecánica, los requerimientos medios de PEEP fueron 5 cm H₂O y la FIO₂ media 0,5.

Inicialmente se evaluó el grado de acuerdo entre SpO₂ y SaO₂, encontrándose una concordancia de 0,785 cuando se hizo la evaluación global determinada por el cociente de correlación intraclase (Figura 1), con un intervalo de confianza de 95%, entre 0,742 - 0,828.

Posteriormente las muestras se dividieron en dos grupos dependiendo de la diferencia entre los valores medidos de

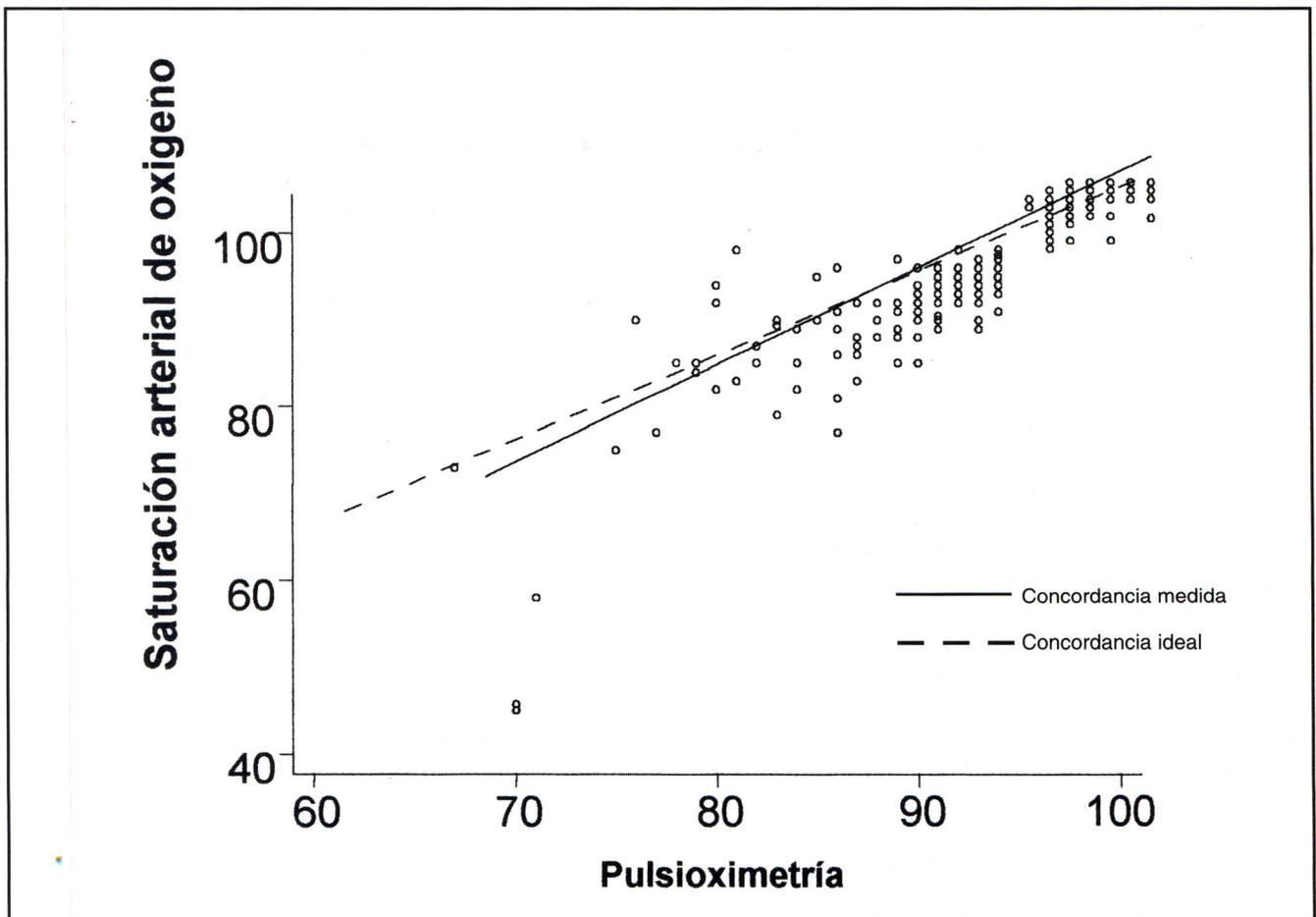


Figura 1. Concordancia entre saturación arterial de oxígeno y pulsioximetría.

Tabla 1. Distribución de los diferentes diagnósticos entre los grupos de estudio. Grupo 1: Relación SaO2-SpO2 estrecha, Grupo 2: Relación SaO2-SpO2 distante.

Diagnóstico	Grupo 1 (197)	Grupo 2 (104)
Insuficiencia respiratoria hipercápnica	28	10
Insuficiencia respiratoria hipoxémica	37	31
Insuficiencia respiratoria hipodinámica	1	1
Shock séptico	29	13
Otro shock	7	2
Sepsis	21	13
Postquirúrgico	39	12
Enfermedad cardiovascular	9	6
Enfermedad metabólica	1	-
Enfermedad neurológica	25	17

SpO2 y SaO2. El primer grupo lo conformaron las mediciones con una diferencia menor o igual a 2%, (al restar SpO2 de SaO2) y el segundo grupo los que tenían una diferencia mayor de 2%.

El valor usual aceptado de diferencia entre SpO2 y SaO2 es de tres, pero se decidió ser más exigente en el análisis y por ello se usó el valor de dos para considerarlo como un valor adecuado de correlación. En la Tabla 1 se encuentran las diferentes patologías en los dos grupos descritos. La Figura 2 muestra de una forma descriptiva la distribución por género, en la que se infiere que no hay diferencias en este punto.

Luego de generar la subdivisión por grupos se estudiaron las diversas variables recolectadas para buscar los puntos que podían explicar las diferencias entre pulsioximetría y saturación arterial de oxígeno. Estos resultados se muestran en las Tablas 2, 3 y 4. Se encontraron diferencias significativas en nivel de sedación, PEEP, FIO2 y PaO2.

Tabla 2. Utilización de inotrópicos y dosis administrada en mcg/kg/min en los dos grupos de estudio.

Inotrópico	Grupo 1		Grupo 2		Valor p
	Pacientes	Dosis	Pacientes	Dosis	
Dopamina	70	5.6 (ds: 3.3)	47	6.3 (ds: 3.5)	0.25
Adrenalina	13	0.19 (ds: 0.26)	17	0.25 (ds: 0.14)	0.08
Noradrenalina	34	0.24 (ds: 0.14)	24	0.24 (ds: 0.14)	0.33
Dobutamina	8	5.5 (ds: 3.04)	4	5.6 (ds: 3.41)	0.95

Tabla 3. Comportamiento del pH, la PaO2 y la PaCO2 en los grupos de estudio.

Variable	Grupo 1 (Rango <2) N° 197	Grupo 2 (Rango >2) N° 104	Valor p
PH	7.36 (ds: 0.009)	7.36 (ds: 0.11)	0.72
PaO2	88.9 mmHg (ds: 31.9)	76.8 mmHg (ds: 21.1)	0.001
PaCO2	31.9 mmHg (ds: 10.6)	33.4 mmHg (ds: 9.6)	0.23

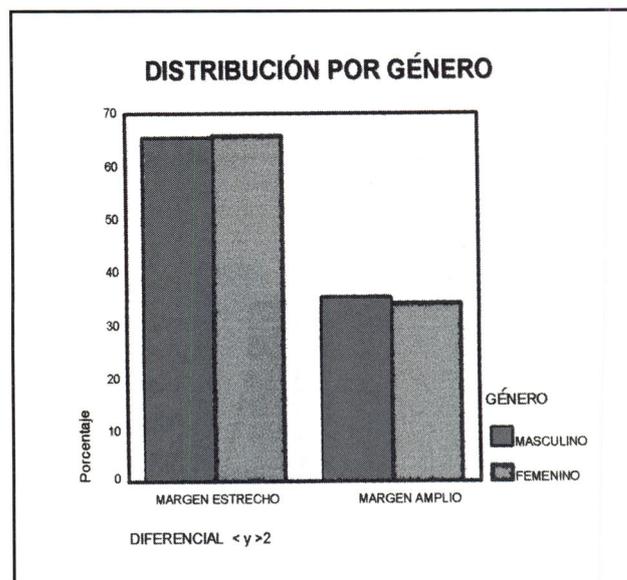


Figura 2. Distribución por género, de acuerdo con el valor diferencial mayor y menor de 2, entre SpO2 y SaO2.

En la Tabla 4 aparece un valor numérico para la sedación que corresponde a la cantidad en mililitros de una solución estándar, en la que menos de diez es bajo aporte y más de diez es alto aporte de sedantes. Se encontró que los pacientes con más requerimiento de sedación tenían una mayor dispersión en la relación entre SaO2 y SpO2.

Una forma adecuada de evaluar la diferencia entre SaO2 y SpO2 es analizar los valores absolutos de las diferencias, como se ve en la Figura 3, lo más destacado es su distribución en forma de campana, sugiriendo que los valores son en su mayoría cercanos a -1%; lo que también sugiere una concordancia adecuada entre las dos medidas.

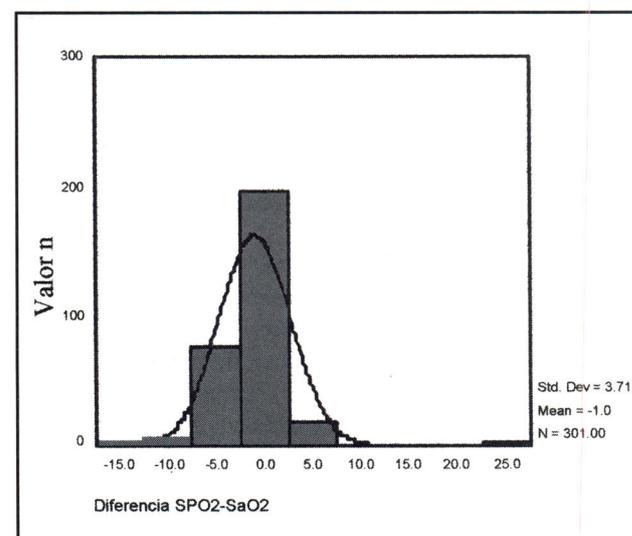


Figura 3. Distribución de las 301 muestras recolectadas, de acuerdo con el valor obtenido luego de restar el valor de SaO2 del de SpO2. Muestra un valor medio de -1 y una distribución normal alrededor de este valor.

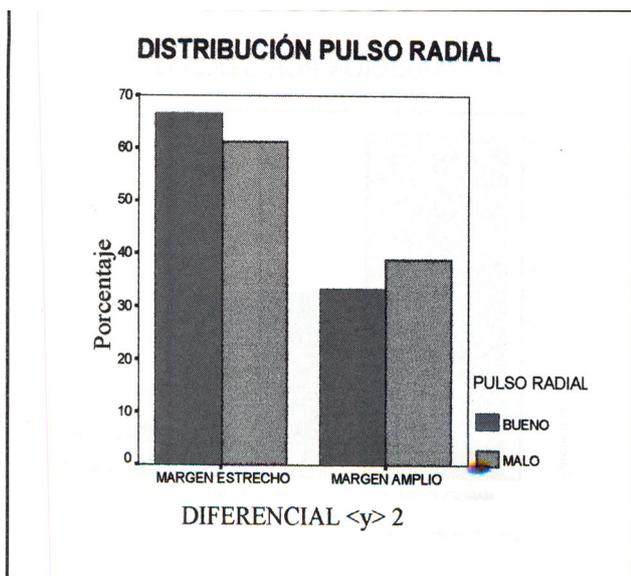


Figura 4. Distribución del pulso radial bueno y malo, de acuerdo con el valor diferencial mayor y menor de 2, entre SpO2 y SaO2.

Una hipótesis muy probable era la de que al tener un buen pulso radial la correlación se mejoraba y al tener un mal pulso la correlación se deterioraba, pero esto no se encontró en la práctica como se ve en la Figura 4.

Algunas de las variables estudiadas tuvieron comportamientos especiales que ameritan una explicación aparte: no se encontró en el lapso de tiempo del estudio pacientes con Raynaud, ninguno tuvo pigmentos demostrados, el análisis por razas no fue posible debido a que tan sólo hubo una muestra de paciente de raza amarilla (coreano), cinco de raza negra y tres de raza blanca, por lo que el 97% de las muestras eran de pacientes de raza mestiza, lo cual genera subgrupos con muy pocos pacientes.

Al hacer un análisis de la ventilación mecánica tenemos que la mayor cantidad de pacientes se encontraban en modo asistido controlado (AC); el 57.5% de los casos, en modo no invasivo el 7%, en SIMV + PS el 3.7% y sin ventilación mecánica el 30.9%; no hubo diferencias entre ninguna de las formas de ventilación. La mayor frecuencia en el modo AC se debe al estilo de manejo ventilatorio en nuestra unidad.

Discusión

En las 301 muestras recolectadas provenientes de 89 pacientes, hubo una excelente correlación entre la SpO2 y SaO2. En el análisis por subgrupos determinados por la diferencia entre la SpO2 de la SaO2 (grupo 1 menor o igual a 2%, grupo 2 mayor de 2%), la FIO2, el PEEP, la PaO2 y la sedación tuvieron diferencias tanto clínicas como estadísticamente significativas en su distribución. Concluimos que la pulsioximetría es confiable y un adecuado reemplazo en caso de querer evaluar la oxigenación. La severidad de la enfermedad parece ser un marcador global de deterioro en la concordancia, debido a que éste es un

Tabla 4. Muestra la comparación del grupo estrecho y distante en cuanto a género, edad, frecuencia cardíaca, tensión arterial media, temperatura, hemoglobina, bilirrubina, pulso radial malo, sedación, FIO2 y PEEP.

Variable	Grupo 1 (Rango <2) N°197	Grupo 2 (Rango>2) No. 104	Valor p
Género			
Femenino	89	46	0,87
Masculino	108	58	
Edad	57.6 años (ds: 21.5)	57.7 años (ds: 19.39)	0.94
Frecuencia cardíaca	90.0 l/min (ds: 23.8)	94.1 l/min (ds: 20.44)	0.14
Tensión arterial media	91.74 mmHg	88.74 mmHg	0.19
Temperatura	37°C	36.4°C	0.33
Hemoglobina	11.9 g/dL (ds: 4.9)	11.6 g/dL (ds: 21.7)	0.66
Bilirrubina	3.5 mg% (ds: 5.3)	3.7 m% (ds: 2.5)	0.26
Pulso radial malo (n)	41	26	0.40
Sedación	3.77 ml (ds: 5.43)	5.56 ml (ds: 6.68)	0.001
FIO2	0.49 (ds: 0.21)	0.56 (ds: 0.25)	0.007
PEEP	4.3 cm H2O (ds: 4.11)	5.8 cm H2O (ds: 5.34)	0.006

factor que une los puntos que hallamos como generadores de diferencia entre SpO2 y SaO2.

A niveles de oxigenación arterial clínicamente frecuentes (SaO2 por encima del 70%), la saturación de O2 registrada por los pulsioxímetros (SpO2) difiere menos del 3% de la SaO2 real (medida con cooxímetro) (2).

La utilidad clínica de la pulsioximetría es brindar información confiable y continua en tiempo real de la tendencia de saturación de oxihemoglobina. Sin embargo, la aplicación clínica de la oximetría de pulso debe limitarse a su empleo como reflejo no invasivo de cambios clínicamente importantes de los niveles de SaO2.

Algunos aspectos pueden afectar en gran medida la exactitud y confiabilidad de la oximetría de pulso. Casi todos los errores son producto de una deficiente calidad de las señales y de condiciones clínicas específicas

Los oxímetros que emplean luz de dos longitudes de onda, no son fiables cuando están elevadas otras formas de hemoglobina diferentes de la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida (5). En nuestro estudio no tuvimos la oportunidad de estudiar los diversos tipos de hemoglobina, por carecer de cooxímetro, pero es un punto necesario para tener en cuenta. La carboxihemoglobinemia (COHb) tiene características de absorción en la misma región del espectro como el HbO2 y el Hb. Cuando se presenta en cantidades significativas afecta la lectura del SpO2, sobreestimando su valor real (1, 2, 6-8).

La anemia puede afectar la precisión del pulsioxímetro debido a que la lectura de SpO2 depende de la absorción de la luz por la hemoglobina; sin embargo, no hay estudios concluyentes acerca de esta afirmación.

En un estudio con 17 pacientes no hipoxémicos con sangrado gastrointestinal agudo o trauma y un valor de hematocrito de menos del 20%, se compararon los valores de saturación mostrada por un pulsioxímetro y los obtenidos por una muestra de sangre arterial. No hubo diferencia significativa entre la SpO₂ y la SaO₂ con valores de hemoglobina superiores a 2.3 g/dL (9). Otros estudios han mostrado igualmente buena correlación aún a bajos niveles de hemoglobina (10). En nuestro estudio no encontramos que los valores de hemoglobina pudieran alterar los resultados que relacionaban la pulsioximetría con la medición directa de la saturación en los gases arteriales, pero nuestro valor medio de hemoglobina fue 11.8g/dL, con una mediana de 11.4 g/dL, lo cual muestra que no se manejaron muy bajos valores de hemoglobina y que se necesitaría un grupo especial de pacientes con hemoglobinas por debajo de 7 g/dL. En nuestra investigación el número de pacientes con valores de hemoglobina por debajo de 7 g/dl tan sólo fue de nueve, lo cual da un porcentaje de 3% de las muestras totales. Patologías relacionadas con procesos hematológicos, tales como la anemia de células falciformes (11) y de hemodilución (12) han mostrado buena correlación.

La pigmentación de la piel no suele alterar la precisión de la pulsioximetría, debido a que la absorción de la longitud de onda de la bilirrubina y la melanina es diferente a la usada por los oxímetros de pulso. Se ha estudiado también el color de la piel y no se ha encontrado variación en cuanto a la pulsioximetría (13).

Pigmentos intravenosos como el azul de metileno, el verde de indocianina y el rojo índigo pueden ocasionar falsos descensos en la lectura de la SpO₂ porque estos pigmentos absorben la luz a longitudes de onda de 660 nanómetros (1). El efecto más notable de los pigmentos lo provoca el azul de metileno que puede ocasionar descensos en la SpO₂ del 65% cuando se inyecta por vía intravenosa (2). Al analizar estos puntos en nuestro grupo poblacional no hubo exposición a ningún tinte.

La pulsioximetría depende de la satisfactoria perfusión arterial de la piel y así el bajo gasto cardíaco, la vasoconstricción o la hipotermia pueden dificultar la distinción del sensor de una señal verdadera y una señal interferida (1).

Con respecto a la hipotensión, se encuentran informes en los que la saturación por pulsioxímetro es una fiel copia de la saturación arterial aun a niveles muy bajos de tensión (30 mmHg), en contraposición con lo pensado para una correcta lectura oximétrica (2, 8). Nosotros encontramos que la correlación se mantenía adecuada a pesar de valores bajos de tensión arterial media, que en su valor mínimo llegaron a 45 mmHg.

En un estudio realizado en niños sometidos a hipotermia para cirugía cardíaca, se encontró que la saturación arterial de oxígeno fue sobreestimada por el pulsioxímetro en rangos de temperatura de 30-36°C y fue subestimada por debajo de 30°C, aunque la representatividad de estos valores en la clínica es baja debido a que temperaturas por

debajo de 35°C son improbables en la UCI (14). Los valores de temperatura de nuestros pacientes oscilaron entre 35 y 39°C y no encontramos alteración en la concordancia con respecto a los diferentes valores de temperatura.

Cuando se ha evaluado la variabilidad de la pulsioximetría en pacientes ventilados mecánicamente, se ha encontrado que el coeficiente de variación es 0.5%, obteniendo resultados muy confiables (15). Nosotros no obtuvimos diferencias en los diferentes modos de ventilación mecánica, siendo predominante el manejo en asistido controlado pero por estrategia ventilatoria en nuestra UCI.

Cuando se ha evaluado la correlación en pacientes con EPOC entre SpO₂ y SaO₂ se ha encontrado con diferentes oxímetros que la variación es siempre menor a 3% (16). Realizamos un análisis estadístico de las diferentes patologías y no hubo alteración de la concordancia.

Se ha encontrado falta de correlación entre SpO₂ y SaO₂ en pacientes con insuficiencia tricúspidea severa, sin relacionar esta discrepancia con los valores de presión venosa central (17). Un estudio publicado en 1997 mostró que la hipercapnia podría ser responsable de la alteración de los valores reales de pulsioximetría (18). A diferencia de éste, la presente investigación mostró que los diferentes valores de pCO₂ no alteran la cercanía entre SpO₂ y SaO₂.

Se han descrito otros factores que podrían alterar la lectura de la saturación de oxígeno por el pulsioxímetro, tales como la luz ambiental, el ruido y el movimiento (19). Nosotros no evaluamos estas variables dentro del estudio.

Al realizar un análisis global de la concordancia entre SpO₂ y SaO₂ encontramos un valor de rho muy bueno (0.785, IC: 95%; 0.742-0.828). Cuando se intentó hacer el análisis discriminado por diferentes márgenes de saturación no fue posible, por la asimetría de la distribución del número de pacientes en cada grupo.

Nuestro estudio es el único de este tipo que comprometió todos los diferentes puntos que se han sugerido como causales de la diferencia entre pulsioximetría y saturación arterial de oxígeno. Evaluamos otros tópicos que antes no se habían estudiado como son la relación con vasoactivos e inotrópicos (20, 21). Algunos autores sugieren que por los efectos vasoconstrictores y vasodilatadores de estas drogas, se pudiesen distanciar los valores en estudio, pero este resultado no se encontró y no hubo diferencias entre los pacientes de margen amplio o estrecho; la relación con el pulso radial pudo ser positiva debido a que un pulso débil pudiera alterar la perfusión tisular y empobrecer la concordancia, comprometiendo el mecanismo pletismográfico, pero la concordancia fue muy buena.

Encontramos que había diferencias estadísticamente significativas en PaO₂, FIO₂, PEEP y sedación. El valor de PaO₂ muy elevado que se presentó en los pacientes con rangos estrechos, pudiera sugerir que los pacientes en mejor estado pulmonar, en fase de recuperación o menos críticos logran una mejor concordancia entre SaO₂ y SpO₂. Un punto que no se cuantificó durante el estudio fue el

grado de severidad de la patología de los pacientes estudiados, lo cual hubiese ayudado a evaluar el punto de severidad de la enfermedad.

En el caso de la FIO₂, los que necesitaban más aporte tenían un rango amplio, sugiriendo la misma tendencia de la PaO₂ en cuanto a la severidad de la enfermedad y la patología pulmonar, aunque existe una dependencia entre estas dos variables debido a que al tener baja PaO₂ pudiera existir la necesidad de elevar la FIO₂ y constituir en general un resultado unido a la misma situación, dependiendo del valor de oximetría encontrado.

En el caso del PEEP se encontró que aquéllos que requerían valores más altos, se encontraban en el grupo de rango amplio, mostrando igualmente mayor severidad de su enfermedad y una relación con enfermedad pulmonar. En un análisis posterior a los resultados, formamos dos grupos de pacientes conformados por aquéllos con PEEP menor de ocho y mayor o igual a ocho, asumiendo que este valor separa el rango entre un PEEP alto y bajo, encontramos igualmente que los de PEEP alto tenían un rango amplio y los de PEEP bajo tenían rango estrecho de correlación.

La sedación en valor alto mostraba que los pacientes se encontraban en rango amplio, ratificando la observación de severidad de la enfermedad, pues los pacientes que se manejan con alto nivel de sedación o que requieren más aporte de sedación son los que se encuentran más graves. Cuando se introdujo esta variable en el estudio pensamos que pudiese intervenir un efecto de vasodilatación (21), mediado por sedantes y que esto alterara las lecturas de pulsioximetría, pero el resultado es constante relacionándolo con severidad de la enfermedad.

Este trabajo abre la posibilidad de analizar los puntos con diferencias estadísticamente significativas a través de otro diseño de investigación; se podrían evaluar grupos de pacientes diferentes con alta y baja PaO₂, FIO₂, PEEP y sedación. Otra posibilidad es estudiar de acuerdo con índices de severidad el comportamiento de la concordancia. Sería importante la utilización de valores de APACHE II o SAPS para objetivizar la severidad de la enfermedad.

En general, podemos decir que con los equipos utilizados, en una UCI médica y con buena curva en el monitor, la concordancia entre SpO₂ y SaO₂ es muy buena, pudiendo evitar la toma innecesaria de gases arteriales buscando confirmar el resultado de la oximetría de pulso. Reiteramos que son necesarios más estudios, con más pacientes para especificar puntos concretos de causalidad con los datos encontrados, como de diferencias estadísticamente significativas, sobre todo teniendo en cuenta que estos hallazgos no se habían documentado antes.

Summary

The measurement of SpO₂ and SaO₂ in the intensive care unit is an important point to research. In addition, it is

equally decisive the correlation of these two registrations to avoid the unnecessary use of arterial blood gases and to facilitate the prompt decisions through oximetry.

Material and methods: the included patients hospitalized in the medical ICU of the Fundación Cardio-Infantil, older than 18 years, having an arterial line, between November 2000 and December 2001. A sample of arterial gases was gathered and simultaneously we registered the pulse oximetry value. We included only the patients with a reliable oximetry wave. We registered the following variables: Gender, age, race, blood pressure, radial pulse, inotropes, pH, pCO₂, pO₂, SpO₂, SaO₂, hemoglobin, possible pigments in the patient, Raynaud phenomenon, sedation, mechanical ventilation, PEEP, FIO₂. Three hundred one samples were gathered from 89 patients. Most of the patients had respiratory failure and sepsis.

Results: according to the difference between the SpO₂ and SaO₂, we arbitrarily created two groups, using as cut off 2%. The values of PEEP, FIO₂, PaO₂ and the use of sedation were strong predictive of the correlation.

Conclusion: we concluded that the pulse oximetry is reliable and an appropriate substitution of arterial blood gases. It is necessary to carry out studies including patients with SpO₂ lower than 80%. The more severe condition of the patients gets a lower correlation between SpO₂ and SaO₂.

Key words: pulse oximetry, saturation, agreement.

Agradecimientos

A la doctora Claudia Jaramillo por sus sugerencias y orientación en el enfoque epidemiológico y estadístico.

Referencias

1. Tobin MJ. Principles and Practice of Intensive Care Monitoring. McGraw Hill, 1998; 265-287.
2. Kendrick AH. Noninvasive blood gas measurements. I. Pulse oximetry. *European Respiratory Society* 2001 Sep (4): 15-24.
3. Siggaard-Andersen Ole. The Acid-Base status of the blood. Munksgaard-Copenhagen, 1976; 126-132.
4. Shapiro Barry A, Peruzzi W, Templin R. Manejo Clínico de Los Gases Sanguíneos. Editorial Médica Panamericana, 1996: 209-211 y 237-243.
5. Malley WJ. Clinical Blood gases. Saunders company, 1990; 283-294.
6. Hampson NB. Pulse oximetry in severe carbon monoxide poisoning. *Chest* 1998; 114: 1036- 1041.
7. Rajadurai VS, Walker AM, Yu VY. Effect of fetal haemoglobin on the accuracy of pulse oximetry in preterm infants. *J aediatr Child Health* 1992; 28: 43-46.
8. Clayton D, Webb RK, et al. A comparison of the performance of 20 pulse oximeters under conditions of poor perfusión. *Anaesthesia* 1991;46:3-10.
9. Jay GD, Hughes L, Renzy FP. Pulse oximetry is accurate in acute anemia from hemorrhage. *Ann Emerg Med* 1994; 24: 32-35.
10. Lee WW, Mayberry K, Crapo R. The accuracy of pulse oximetry in the emergency department. *Am J Emerg Med* 2000; 18: 427-431.
11. Ortíz FO, Aldrich TK, Nagel RL, Benjamin LJ. Accuracy of pulse oximetry in sickle cell disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 447-451.
12. Vegfors M, Lindberg LG, Oberg PA, Lenmarken C. The accuracy of pulseoximetry at two haematocrit levels. *Acta Anaesthesiol Scand* 1992; 36: 454-459.
13. Adler JN, Hughes LA. Effect of skin pigmentation on pulse oximetry accuracy in the emergency department. *Acad Emerg Med* 1998; 5: 965-970.
14. Al Khudhari D, Prabhu R, el Sharkawy, Brtles R. Evaluation of a pulse oximeter during profound hypothermia. An assessment of the Biox 3700 during

- induction of hypothermia before cardiac surgery in paediatric patients. *Int J Clin Monit Comput* 1990; **7**: 217- 222 (a).
15. **Hess D, Agarwal NN.** Variability of blood gases, pulse oximeter saturation, and end-tidal carbon dioxide pressure in stable, mechanically ventilated trauma patients. *J Clin Monit* 1992; **8**: 111-115.
16. **Hannhart B, Michalsky H, Delorme N, Chaparro G, Pohl JM.** Reliability of six pulse oximeters in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1991; **99**: 842-846.
17. **Stewart KG, Rowbottom SJ.** Inaccuracy of pulse oximetry in patients with severe tricuspid regurgitation. *Anaesthesia* 1991; **46**: 668-670.
18. **Chiappini F, Fuso L.** Usefulness of pulse oximetry in respiratory diseases. *Recenti Prog Med* 1997; **88**: 574-578 (a).
19. **Trivedi NS, Ghouri AF, Shah NK.** Effects of motion, ambient light, and hipoperfusión on pulse oximeter function. *J Clin Anesth* 1997; **9**: 179-183.
20. **Severinghaus JW, Koh SO.** Effect of anemia on pulse oximeter accuracy at low saturation. *J Clin Monit* 1990; **6**: 85-88.
21. **Severinghaus JW, Spelman MJ.** Pulse oximeter failure thresholds in hypotension and vasoconstriction. *Anesthesiology* 1990; **73**: 532-537.