



La pulsioximetría en atención primaria

Agustín Martínez González

Médico de familia
EAP La Paz. Cruces (Bizkaia).

María Isabel Irizar Aranburu

Médica de familia
EAP Idiazabal. UAP Beasain (Gipuzkoa).

Palabras clave:

- > Pulsioximetría
- > Atención primaria
- > Saturación arterial de oxígeno

Durante las dos últimas décadas se han desarrollado diversos métodos alternativos, generalmente no invasivos, para la medición y/o el control de los gases sanguíneos¹.

La aplicación de la pulsioximetría como apoyo al diagnóstico y seguimiento de la insuficiencia respiratoria, principalmente en situaciones de urgencia y en pacientes con EPOC, hace de esta técnica una herramienta que tener en cuenta en el ámbito de la atención primaria. La elevada prevalencia de estas patologías en nuestro medio, la dificultad de gran parte de estos enfermos para desplazarse a los servicios especializados y la ubicación cada vez más frecuente del médico de familia en los servicios de urgencias, hacen recomendable que los médicos de familia conozcan las indicaciones y limitaciones de la pulsioximetría.

¿QUÉ ES LA PULSIOXIMETRÍA?

La pulsioximetría es una técnica no invasiva, basada en los principios de la pletismografía y la espectrofotometría, que permite medir de forma indirecta el porcentaje de saturación arterial de oxígeno de la hemoglobina oxigenada (SaO_2) en los vasos pulsátiles².

La medida de la SaO_2 obtenida por la pulsioximetría se correlaciona bien con la presión arterial de oxígeno (PaO_2) obtenida en la gasometría arterial pudiendo detectar de forma rápida y sencilla la hipoxemia, iniciar el tratamiento de forma temprana y controlar la respuesta³. Se ha sugerido que la SaO_2 podría considerarse como la quinta constante vital, junto con la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal⁴.

FUNCIONAMIENTO

El principio de la oximetría se basa en la ley de Beer, que dice que la concentración de un soluto disuelto en un solven-

te puede ser determinada en función de la cantidad de luz absorbida por dicho soluto.

Los pulsioxímetros convencionales constan de un transductor con dos piezas, un emisor de luz de dos longitudes de ondas conocidas, rojas de 660 nm e infrarrojas de 940 nm (correspondientes a la oxihemoglobina y a la hemoglobina reducida, respectivamente) y un fotodetector para medir la cantidad de luz que llega tras haber atravesado un lecho vascular pulsátil². Incorporan también un ordenador que analiza la señal recibida (figura 1).

Figura 1

Pulsioxímetro portátil



Con cada latido se produce un pequeño incremento de la absorción de luz. El porcentaje de oxihemoglobina o SaO₂ se calcula comparando la cantidad que se absorbe durante la onda pulsátil respecto a la absorción basal.

La oxihemoglobina absorbe la luz roja y la hemoglobina reducida la infrarroja, y puede estimar la relación entre ambas. La medida proporcionada se llama «saturación funcional».

Saturación funcional (%) = $\frac{\text{Oxi Hb}}{\text{Oxi Hb} + \text{desoxi Hb}} \times 100$

El transductor se coloca a modo de pinza (en el dedo o lóbulo de la oreja), de forma que la luz emitida atraviese el tejido y sea después recogida por el fotodetector³⁻⁵.

FIABILIDAD DE LA PULSIOXIMETRÍA. CORRELACIÓN CON LA PaO₂

Los aparatos disponibles en la actualidad son muy fiables para valores de SaO₂ entre el 80 y el 100%, pero su fiabilidad disminuye por debajo de estas cifras. Esto no constituye una limitación en el medio de la atención primaria, ya que todo paciente con SaO₂ inferior al 80% se encuentra en insuficiencia respiratoria y precisa atención hospitalaria. Tan urgente es la valoración de un paciente con una SaO₂ del 80% como si ésta es del 60%⁵.

Un metaanálisis de 64 estudios realizados en adultos estudia la relación entre la medida de la SaO₂ obtenida por diferentes modelos de pulsioxímetros y la medida estándar de la PaO₂ en sangre arterial. El metaanálisis concluye que el grado de exactitud del pulsioxímetro es de $\pm 2\%$ en un intervalo de medida de SaO₂ de entre el 70 y el 100%. Comparando las mediciones en los dedos y el lóbulo de la oreja, las medidas tomadas en los dedos fueron más fiables que las de la oreja⁶. Cuando el intervalo se halla entre el 50 y el 70%, la precisión de la medida es de $\pm 3\%$. Se desconoce la exactitud para intervalos más bajos^{7,8}.

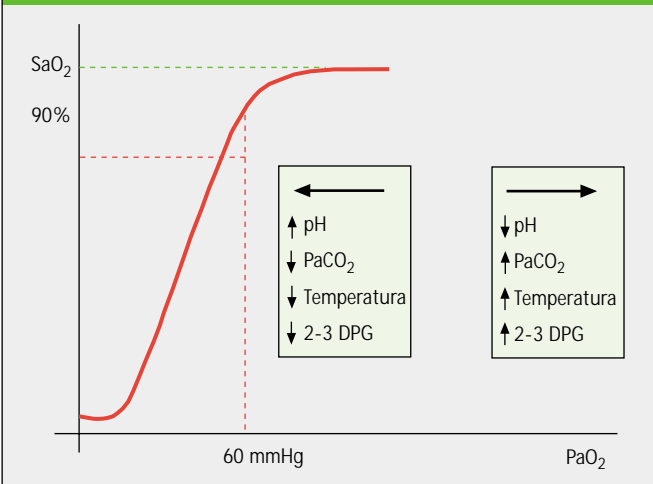
INTERPRETACIÓN CLÍNICA DE LA PULSIOXIMETRÍA

Para la correcta interpretación de los resultados obtenidos hay que tener presente la morfología de la curva de disociación de la oxihemoglobina (figura 2).

Tal como se observa en la figura, existe un punto crítico en la curva por debajo del cual el paciente estaría en insuficiencia respiratoria, es el punto en el que la PaO₂ es de 60 mmHg, que corresponde a una SaO₂ del 90%. Por debajo de esta cifra de SaO₂, la curva disminuye bruscamente, por lo que pequeños descensos de la PaO₂ originan grandes disminuciones de la

Figura 2

Curva de disociación de la oxihemoglobina y factores que la alteran



SaO₂, mientras que por encima del 95% la curva está en su parte plana y grandes aumentos de la PaO₂ no suponen incrementos de la SaO₂^{1,4,5}.

La relación entre la SaO₂ y la PaO₂ viene determinada por la citada curva de disociación de la oxihemoglobina (tabla 1).

Tabla 1

Relación entre la SaO₂ y la PaO₂

SaO ₂ (%)	PaO ₂ (mmHg)
100	677
98,4	100
95	80
90	59
80	48
73	40
60	30
50	26
40	23
35	21
30	18

Existen unos factores que alteran esta curva y, por tanto, deben tenerse en cuenta, como son:

- El pH.
- La temperatura.
- La PaCO₂.
- El contenido de 2-3 difosfoglicerol (2-3 DPG) en sangre. El 2-3 difosfoglicerol es un compuesto presente en los eritrocitos que aumenta en situaciones de hipoxia y disminuye en situación de sepsis.

Así, una disminución del pH, el aumento de la temperatura, de la PaCO₂, del 2-3 DPG y el ejercicio intenso (por disminuir el pH y aumentar la temperatura) producen un desplazamiento de la curva hacia la derecha, disminuyendo la afinidad de la hemoglobina por el O₂, favoreciendo su liberación; la PaO₂ es mayor a igual SaO₂. En las situaciones en que la curva se desplaza a la derecha, a igual SaO₂ corresponde una PaO₂ mayor. No correríamos el riesgo de minusvalorar la hipoxia.

De forma contraria, el aumento del pH, el descenso de la temperatura, de la PaCO₂ y del 2-3 DPG producen un desplazamiento de la curva hacia la izquierda y, por consiguiente, un aumento de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. En las situaciones en que la curva se desplaza a la izquierda, a igual SaO₂ corresponde una PaO₂ menor.

ACTUACIÓN SEGÚN LA SATURACIÓN ARTERIAL DE OXÍGENO

En pacientes sin problemas respiratorios, la SaO₂ es habitualmente superior al 97%. Por debajo del 95% generalmente hay hipoxia, aunque los pacientes con problemas respiratorios crónicos toleran bien saturaciones entre el 90 y el 95%.

A continuación exponemos la actuación que se debe seguir dependiendo de la SaO₂ (tabla 2) para facilitar un tratamiento adecuado de la hipoxemia^{3,5-7}.

INDICACIONES DE LA PULSIOXIMETRÍA

Teniendo en cuenta la simplicidad de su medición, que se trata de una técnica no invasiva y la información que nos aporta, que proporcione una idea muy aproximada del grado de oxigenación de la sangre, podríamos recomendar el uso de la pulsioximetría en todas aquellas circunstancias en las que es posible que exista hipoxemia.

En atención primaria las indicaciones principales serían las siguientes:

1. Estimación de la oxigenación arterial en situaciones de urgencia.

Tabla 2

Actuación que hay que seguir según el porcentaje de SaO ₂	
SaO ₂ (%)	Actuación
> 95	No requiere actuación inmediata
90-95	Investigar la razón de la hipoxemia Tratamiento si precisa y monitorización de la respuesta, repetir la SaO ₂ regularmente Los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas toleran bien estos valores
80-90	Hipoxia grave Oxigenoterapia y tratamiento adecuado a la etiología Traslado al hospital
< 80	Situación muy grave Valorar intubación y ventilación mecánica

En niños con SaO₂ < 92% se aconseja traslado al hospital, aunque presenten mejoría con el tratamiento instaurado

- Evaluación de pacientes con problemas respiratorios agudos como crisis de asma, reagudización de EPOC, dificultad respiratoria de cualquier etiología⁷.
- Monitorización de la respuesta tras el tratamiento administrado de urgencia, para seguimiento y como criterio objetivo en la valoración de traslado hospitalario.

2. Monitorización continua durante el traslado al hospital de pacientes en estado crítico, inestables por su situación respiratoria y/o hemodinámica³.
3. Seguimiento de pacientes en tratamiento con oxigenoterapia crónica domiciliar (OCD), utilizando el pulsioxímetro en las visitas programadas domiciliarias para valorar el grado de hipoxemia y reajuste del flujo de O₂ que se debe administrar⁶. El O₂ es administrado a un flujo de 1-2 l/min y debe ajustarse según las mediciones gasométricas con el objetivo de conseguir una PaO₂ de 60 mmHg o por pulsioximetría para mantener una SaO₂ del 93%.

En los estudios que han evaluado el papel de la pulsioximetría en la detección de pacientes con EPOC susceptibles de tratamiento con OCD, la prueba presenta una sensibilidad del 100% y una especificidad de entre el 69 y el 86% (dependiendo del punto de corte definido para la PaO₂). Debido a la baja especificidad de la prueba, la pulsioximetría aislada no puede utilizarse para la indicación inicial de la OCD en EPOC, pero puede resultar útil para el cribado de los pacientes EPOC que deberían someterse a gasometría arterial⁹.

4. Detección del síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS).

La pulsioximetría tiene baja sensibilidad, pero alta especificidad en la detección del SAOS si se compara con la polisomnografía. En general, para un punto de corte del 4% (disminución de la SaO₂ durante el sueño del 4% respecto al basal), la pulsioximetría tiene una sensibilidad de entre el 40 y el 60% y una especificidad del 98 al 100%. Si el punto de corte es del 2%, aumenta la sensibilidad al 65% y disminuye la especificidad al 75%¹⁰. La mayoría de los aparatos actuales disponen de la posibilidad de monitorización nocturna de la SaO₂ y registro gráfico, lo cual puede resultar útil para cribado de pacientes que deban someterse a polisomnografía.

La utilización combinada de la pulsioximetría del sueño y la poligrafía respiratoria Autoset® permite ahorrar un número importante de estudios polisomnográficos en poblaciones con alta sospecha de síndrome de apnea-hipopnea de sueño (SAHS). La poligrafía respiratoria Autoset® es un modelo de auto-CPAP que permite, mediante su modo diagnóstico, el registro de diferentes variables respiratorias y de la frecuencia cardíaca. La medición del flujo nasal se realiza mediante cánula nasal con transductor de presión; la saturación de oxígeno, mediante un pulsioxímetro digital; la cuantificación del número de apneas, según la posición del paciente mediante un sensor de posición corporal, y los movimientos toracoabdominales mediante una banda toracoabdominal con un sensor de movimiento «piezoeléctrico». El Autoset® calcula automáticamente y de forma independiente el índice de apnea-hipopnea, el índice de apneas y, por sustracción de ambos, el índice de hipopneas mediante la utilización de un *software* adecuado.

Combinando ambos métodos, para un punto de corte del 4% de desaturaciones nocturnas y un índice apnea-hipopnea de 10, la sensibilidad es del 82% y la especificidad del 83% (valor predictivo positivo [VPP], 95% y valor predictivo negativo [VPN], 29%)^{1,11}.

En ambos casos los estudios incluyen a pacientes con sospecha clínica de SAOS, con una prevalencia del 83,4%, por lo que los datos no son extrapolables a población general.

5. Cribado de la arteriopatía periférica en diabéticos tipo 2. Un reciente ensayo clínico realizado en diabéticos tipo 2 compara la pulsioximetría, realizada en el dedo del pie, con el índice tobillo-brazo y la combinación de ambos métodos para la detección de la enfermedad arterial periférica. La pulsioximetría resultó ser tan eficaz como el Doppler, con una sensibilidad del 77% (IC del 95%, 61-88%) y una especificidad del 97% (IC del 95%, 91-99%). La sensibilidad puede incrementarse combinando los dos métodos diagnósticos¹². La SaO₂ se mide en el dedo índice de la mano y en el primer dedo del pie en posición de decúbito supino y posteriormente con la extremidad elevada 30 cm. La pulsioximetría se considera positiva para posible arteriopatía si la SaO₂ es menor (más del 2% de diferencia) en el dedo del pie que en el dedo de la mano

o si disminuye más del 2% en el dedo del pie con la extremidad elevada en relación con la medición en decúbito supino.

LIMITACIONES DE LA PULSIOXIMETRÍA

Hay algunas situaciones que hay que tener en cuenta por la posibilidad que puedan dar lugar a lecturas erróneas^{3, 5,6}. Son las siguientes:

- Anemia grave. Hace falta hemoglobinas inferiores a 5 mg/ml para causar falsas lecturas. Con valores superiores, la fiabilidad de la prueba está probada.
- Interferencia con otros aparatos electrónicos. No es habitual en atención primaria.
- Movimiento. Los movimientos del transductor afectan considerablemente a la fiabilidad del pulsioxímetro. Esto puede solucionarse colocando el transductor en el lóbulo de la oreja o en un dedo del pie o fijándolo con esparadrapo.
- Contrastes intravenosos. Pueden interferir si absorben luz de una longitud de onda similar a la de la hemoglobina.
- Luz ambiental intensa. Xenón, infrarrojos, fluorescentes, etc. Se puede colocar un objeto opaco (una sábana) entre la fuente de luz y el aparato.
- Pigmentación de la piel. En pieles muy pigmentadas puede existir un pequeño error de lectura. Se puede solucionar colocando el transductor en los lugares menos pigmentados, como el quinto dedo o el lóbulo de la oreja.
- Laca de uñas. Se acostumbra a retirarla con acetona previamente, aunque no está demostrado que interfiera en el resultado.
- Pulso venoso. El aumento del pulso venoso (fallo cardíaco derecho, insuficiencia tricuspídea) puede artefactar la lectura. El transductor se debe colocar por encima del corazón.
- Fístula arteriovenosa. No hay diferencia salvo que la fístula produzca isquemia distal.
- Situaciones de hiperoxia. El pulsioxímetro no puede registrar valores de oxigenación superiores al 100% de saturación de hemoglobina (PaO₂, 120 mmHg).
- Dishemoglobinemias. La carboxihemoglobina (intoxicación por monóxido de carbono) y la metahemoglobina absorben longitudes de onda similares a la oxihemoglobina. Para estas situaciones son necesarios otros tipos de dispositivos, como el CO-oxímetro.
- Mala perfusión periférica. El pulsioxímetro requiere un flujo pulsátil para su lectura. Por lo tanto, si el pulso es muy débil es posible que no se detecte. Evitar poner el manguito de presión arterial en la misma extremidad.
- Ictericia. Aunque se ha considerado uno de los factores de confusión, valores de hasta 20 mg/ml de bilirrubina en sangre no interfieren con la lectura de la SaO₂.
- Hemoglobina fetal. No interfiere con las mediciones de la SaO₂ de los pulsioxímetros.

Tabla 3

Pulsioximetría frente a gasometría

Inconvenientes

- No informa sobre el pH ni la PaCO₂
- Dificultades en la medida en pacientes críticos, con mala perfusión periférica
- No detecta hiperoxemia

Ventajas

- Fácil de usar, no requiere entrenamiento especial
- Fiabilidad alta en valores de SaO₂ > 80%, los más interesantes en la clínica
- Monitorización rápida, continua y no invasiva
- Informa también sobre la frecuencia cardíaca y puede alertar sobre situaciones de mala perfusión periférica
- Barata y manejable, asequible en atención primaria

PULSIOXIMETRÍA FRENTE A GASOMETRÍA

La pulsioximetría presenta inconvenientes respecto de la gasometría^{3,6,7}, por lo que no sustituye a la gasometría en la valoración global de los pacientes con enfermedades respiratorias. Sin embargo, también tiene ventajas respecto a la gasometría^{3,6,7} (tabla 3).

ELECCIÓN DEL APARATO

Hay una amplia variedad de aparatos disponibles en el mercado. La elección depende de las situaciones en las que se vaya a utilizar.

Existen aparatos sencillos que valoran la SaO₂ y la frecuencia cardíaca a través de la detección del flujo pulsátil. Son portátiles, funcionan con pilas y pueden utilizarse también en el domicilio del paciente. Son útiles para una rápida evaluación de la situación respiratoria del paciente y su gravedad, y muy adecuados para atención primaria (figura 1).

CONSIDERACIONES

- La hipoxemia es una causa importante y prevenible de morbilidad y mortalidad en diferentes situaciones y su detección rápida es vital para prevenir serias complicaciones.
- La hipoxemia es difícil de detectar con síntomas y signos clínicos; la cianosis depende de múltiples variables, y cuando aparece, los valores de SaO₂ suelen estar en torno al 68%.

- La gasometría arterial ha sido, durante años, el único método disponible para detectar la hipoxemia, pero se trata de una técnica cruenta, dolorosa, no exenta de complicaciones y que no proporciona un resultado inmediato ni continuo.
- La pulsioximetría es una medida no invasiva que permite obtener de manera inmediata y continua la SaO₂, medida que se corresponde bien con la PaO₂ en los valores de SaO₂ más interesantes en la práctica clínica de la atención primaria.
- Sin embargo, la pulsioximetría tiene limitaciones que deben tenerse en cuenta. Hay factores que pueden alterar el resultado y no informa de la ventilación ni del equilibrio ácido-base, por lo que debe ser complementada con la gasometría cuando se sospeche hipoventilación alveolar.



BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez Roisin R, Agustí García-Navarro A, Burgos Rincón F, Casan Clara P, Perpiña Tordera P, Sánchez Aguado L, et al. Gasometría arterial. Recomendaciones SEPAR. Barcelona: Doyma, 1988.
2. Prosper Sierra M. Pulsioximetría. Técnicas exploratorias en Atención Primaria. Biblioteca Básica DUPHONT PHARMA para el Médico de Atención Primaria, 1996. p. 105-112.
3. Noguerol Casado MJ, Seco González A. Pulsioximetría. Atención Primaria en la Red 2003. Disponible en: <http://www.fisterra.com>
4. Lisa Caton V. La pulsioximetría. ¿Cómo se hace? FMC. 2003;10:399-400.
5. Lisa Caton V, Carpintero Escudero JM, Marco Aguilar P, Ochoa Gómez FJ. Utilidad del pulsioxímetro en un centro de Salud. FMC. 1999;6:517-24.
6. Jensen LA, Onyskiw JE, Prasad NG. Meta-analysis of arterial oxygen saturation monitoring by pulse oximetry in adults. Heart Lung. 1998;27:387-408.
7. Belenguer Muncharaz A. Relación entre pulsioximetría y determinación de la saturación arterial de oxígeno, influencia de los fármacos vasoactivos presores sobre la correlación SattCO₂, SatO₂. Medicina Intensiva. 2001;25:333-9.
8. Schnapp L, Cohen N. Pulse oximetry: uses and abuses. Chest. 1990;98:1244-50.
9. Williams A, Yu G, Santiago S, Stein M. Screening of sleep apnea using pulse oximetry and a clinical score. Chest. 1991;100(3):631-5.
10. Roberts CM, Bugler JR, Melchor R, Hetzel MR, Spiro SG. Value of pulse oximetry in screening for long-term oxygen therapy requirement. Eur Respir J. 1993;6:559-62.
11. Martínez García MA, Soler Cataluña JJ, Román Sánchez P. Uso secuencial de la pulsioximetría nocturna y la poligrafía respiratoria (AutoSet®) para el diagnóstico del síndrome de apneas-hipopneas durante el sueño en pacientes con alta sospecha clínica. Arch Bronconeumol. 2003;39:74-80.
12. Parameswaran GI, Brand K, Dolan J. Pulse oximetry as a potential screening tool for lower extremity arterial disease in asymptomatic patients with diabetes mellitus. Arch Intern Med. 2005;165:442-6.