

Aplicación de la pulsioximetría en Fisioterapia

M. Mejías Ruiz. *Fisioterapeuta. Hospital Reina Sofía. Córdoba*

D. Prieto Almeda. *Fisioterapeuta. Hospital Reina Sofía. Córdoba*

E. García García. *Fisioterapeuta. Hospital Reina Sofía. Córdoba*

RESUMEN

Con este artículo pretendemos difundir el conocimiento y las aplicaciones de la pulsioximetría como técnica de trabajo para los profesionales del campo de la Fisioterapia. Su fácil utilización y la rapidez en la obtención de datos ha facilitado que se imponga en diversas ramas medicoquirúrgicas. Se trata de un método no invasivo, que ha sido incorporado en los programas de entrenamiento en pacientes cardiorrespiratorios, tanto por su eficacia como por la fiabilidad de los datos que aporta.

Palabras clave: Pulsioximetría, Fisioterapia, oxigenación sanguínea, hipoxia, hemoglobina.

ABSTRACT

This article seeks to deepen, to diffuse the knowledge and the applications of the pulsioximetria like work technique for the professionals of the field of the pulse oxymeter. Its easy use and the speed in the obtaining of data have facilitated that it is imposed in diverse doctor-surgical branches. It is a method non invasive that has been incorporated in the programs of training in cardiorespiratory patients, for their effectiveness, as well as for the reliability of their data.

Key words: Pulse oxymeter, Physiotherapy, sanguine oxygenation, hipoxia, hemoglobin.

INTRODUCCIÓN

La pulsioximetría se define como un método no invasivo que permite determinar la evaluación de la hipoxia mediante la medición de la saturación de oxígeno en la sangre arterial.

Este método determina la cantidad de oxígeno en la sangre arterial que llega a los tejidos y, de esta manera, se detecta si el aporte es suficiente y adecuado.

Por todos es conocido cómo se realiza el transporte de oxígeno en el organismo humano y las consideraciones que se deben tener en cuenta:

— El aporte de oxígeno en el organismo procede de los pulmones y del aparato circulatorio.

— El oxígeno que recibe un tejido depende de varios factores, como la cantidad de oxígeno que entra en los pulmones, el inter-

cambio gaseoso, el riego sanguíneo del tejido y la capacidad de la sangre para su transporte.

— La concentración de oxígeno en la sangre se define en función del oxígeno disuelto en la misma, de la cantidad de hemoglobina y de la afinidad de ésta por el oxígeno.

OBJETIVO

Con este trabajo pretendemos facilitar al fisioterapeuta el conocimiento y la utilización de la pulsioximetría en su trabajo diario, especialmente para aquellos que desarrollan su labor en el ámbito de la Fisioterapia cardiorrespiratoria.

RECUERDO HISTÓRICO

Las primeras referencias relacionadas con la construcción de aparatos y sistemas de medición del consumo de oxígeno se remontan a 1875, fecha en la que Von Vierordt mide el consumo de este gas por la luz transmitida a través de su propia mano.

El estudio de la pulsioximetría tiene su origen en las investigaciones de Carl Matthes, quien en 1935 diseñó el primer sistema de medición. J. R. Squires, años más tarde, construye uno similar en el Reino Unido. En 1940, Glen Millikan comienza a utilizar el término «oxímetro» y utiliza este sistema para la búsqueda de aeronaves. Este mismo año el doctor Earl Wood emplea uno similar al de Millikan en un quirófano, aunque será en 1950 cuando este investigador revisa el modelo de oxímetro auricular, porque su colocación es complicada y genera un efecto térmico que produce quemaduras en la mayoría de los casos. Sin embargo, aún se estaba lejos del

descubrimiento del pulsioxímetro como lo conocemos hoy.

La publicación *Anesthesiology* editó en 1950 un artículo que comenta la capacidad del sistema para detectar la anoxia en determinados casos, cuando otros indicadores no detectan anomalías en los pacientes. Estas afirmaciones se complementan con los hallazgos de Comroe, quien argumenta la escasa fiabilidad de la cianosis para detectar la anoxia.

Los primeros oxímetros se comercializaron en 1970 de la mano de Hewlett-Packard. Aparecen los oxímetros de oreja autocalibrados, que utilizan ocho longitudes de onda. Se utilizan en laboratorios y en el ámbito de la medicina pulmonar, aunque en un principio resultan excesivamente costosos.

En ese mismo año, Takuo Aoyagi descubre un oxímetro que mide la saturación de hemoglobina arterial y evita el calentamiento de la oreja. Se crea el oxímetro de pulsación, aunque este aparato se evalúa y comercializa con poco éxito.

Scott Wilber y Boulder, basándose en las aportaciones e investigaciones de Kohden, construyen el primer pulsioxímetro clínicamente aceptado. Este modelo utiliza un sensor de luz ligero, que emplea diodos como fuente emisora y fotodiodos como receptores.

La eficacia del oxímetro no invasivo la redescubre William Newen en 1980, un anestesista de la Universidad de Stanford (USA). En esta década se realizan nuevos estudios y descubrimientos y triunfa el modelo Nellcor N 100, de general aceptación en los quirófanos.

El reconocimiento y la consagración de estos aparatos se logra en los últimos años de este siglo, en que existe una amplia y diversa comercialización de los mismos para su utilización en diversas especialidades medicoquirúrgicas, como, por ejemplo en, las unidades

de cuidados intensivos, alcanzando incluso a las unidades o servicios de Fisioterapia cardiorrespiratoria.

TRANSPORTE Y DEMANDA DE OXÍGENO

El oxígeno se combina en la sangre de dos modos:

1. *Disuelto en el plasma*, en una proporción de sólo el 3 % y cuya finalidad es la de cubrir las necesidades metabólicas.

2. *Combinado a la hemoglobina*, donde se concentra aproximadamente el 97 % del oxígeno total en sangre y que sirve de reserva, que repleciona continuamente el plasma.

La hemoglobina se combina con el oxígeno de forma reversible, mediante la ecuación:

oxígeno + hemoglobina \rightleftharpoons oxihemoglobina

La reacción de oxigenación forma oxihemoglobina; la reacción inversa es la reacción de reducción o desoxigenación, por la que se obtiene la hemoglobina reducida.

La presencia de hemoglobina en la sangre aumenta unas 70 veces la capacidad transportadora del oxígeno de la sangre.

La cantidad máxima de oxígeno capaz de combinarse con la hemoglobina es la capacidad de oxígeno. Su saturación en la hemoglobina viene dada por la fórmula:

$$\frac{\text{oxígeno combinado con hemoglobina}}{\text{capacidad de oxígeno}} \times 100$$

La demanda de oxígeno en sangre depende de factores múltiples como la temperatu-

ra, la ansiedad, el estado metabólico, la actividad física, etc.

Uno de los elementos que afectan en gran medida al transporte de oxígeno es el óxido de carbono, el cual tiene más afinidad por la hemoglobina que por el propio oxígeno, hecho que atenta contra el transporte del mismo en sangre, y que al unirse a la hemoglobina forma carboxihemoglobina.

Otra especie de hemoglobina que se encuentra en la sangre de los adultos es la metahemoglobina, que aparece cuando la sangre es expuesta a diversas drogas y agentes oxidantes. Esta especie de hemoglobina, en elevadas concentraciones, colorea la piel en un tono amoratado o cianótico.

FUNDAMENTOS FÍSICOS

La pulsioximetría se inspira en el principio de la diferenciación de espectros de absorción de luz, debido a que la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida tienen frecuencias luminosas diferenciadas. La sangre oxigenada es roja y la desoxigenada de color azulada.

Así pues, el oxímetro utiliza dos longitudes de onda, una roja (660 nanómetros) y otra infrarroja (940 nanómetros). La oximetría realiza numerosas medidas por absorción máxima y mínima para cada longitud de onda. La diferencia de éstas corresponde a la sangre arterial pulsátil. El componente pulsátil es el resultado de las variaciones de volumen de sangre arterial entre la fuente emisora y la receptora, calculando la media de estas absorciones. El pulsioxímetro utiliza una curva de calibración para convertir el valor de la media (R) en saturación de oxígeno (SatO₂) (fig. 1).

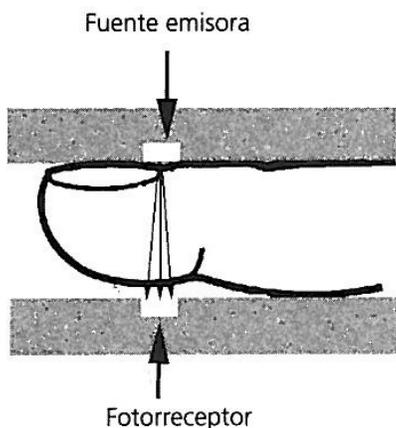


FIG. 1. Mecanismo de acción del pulsioxímetro.

¿CÓMO SE UTILIZA UN PULSIOXÍMETRO?

El pulsioxímetro se compone fundamentalmente de dos partes:

1. El computador, cuya función es registrar y calcular el porcentaje de saturación de oxígeno en la sangre arterial. Algunos modelos comercializados indican también la frecuencia cardíaca del paciente.

2. La sonda, que es el componente esencial para realizar la detección de la saturación del oxígeno. Realiza las funciones de transmisión de luz, su conversión en señal eléctrica y envía esta información al computador. En el mercado se pueden encontrar

varios modelos de sondas, ya sean desechables (fig. 2) o no desechables (fig. 3). Las sondas desechables pueden causar lecturas erróneas debido a problemas de adherencia. Por el contrario, las sondas no desechables tienen un manejo más fácil y no presentan el inconveniente anteriormente citado.

La sonda funciona a través de la emisión de haces de luz roja e infrarroja que atraviesan el tejido y son captadas por un sensor-receptor. Éste las transforma en diferentes cantidades de luz que se reciben como señales eléctricas y se remiten al computador para el cálculo de la saturación de oxígeno en la sangre arterial (fig. 4).

La sonda se coloca preferentemente en las zonas altamente vascularizadas de la sangre arterial, normalmente en un dedo de la mano, por su mayor comodidad y facilidad de acceso. También se puede colocar en el lóbulo de la oreja, en el puente de la nariz e incluso en los dedos de los pies, en este caso siempre que no existan problemas de circulación en los miembros inferiores.

Para la colocación de la sonda se debe tener en cuenta lo siguiente:



FIG. 2. Sonda desechable.



FIG. 3. Sonda no desechable.



Fig. 4. Computador para el cálculo de la saturación de oxígeno.

- Que la zona esté limpia y seca.
- Evitar el uso de la sonda cuando las uñas de los pacientes estén pintadas con esmalte.
- Observar que la sonda esté bien colocada (sensores enfrentados).
- Que el paciente no lleve ropas o aderezos (pulseras, relojes), ni tampoco otros elementos clínicos, como, por ejemplo, esparadrapos, que puedan impedir el flujo normal de la sangre.
- No exponer el aparato a luces artificiales parpadeantes o a una luz ambiental intensa.
- Que el paciente no realice movimientos bruscos en la zona donde está colocada la sonda.

Con estas medidas se pretende evitar lecturas erróneas. Se debe tener en cuenta que cualquier sustancia en la sangre arterial que absorba longitudes de onda rojas e infrarrojas puede causar errores de lectura, como sucede con la metahemoglobina, la endocaína verde, etc.

PARÁMETROS

El valor de saturación normal del oxígeno en la sangre arterial está por encima del 95 %, siendo ésta una medida de reserva. El oxígeno plasmático, que no es medido por el pulsioxímetro, es la presión arterial de oxígeno y para determinarlo se debe utilizar el análisis en la sangre arterial.

En el oxímetro se registran los valores máximos y mínimos de $SatO_2$, para que cuando se alcance alguno de estos valores emita una señal de advertencia acústica y luminosa (parpadeo de la lectura digital). En el caso de que esto suceda, se debe observar el cumplimiento de las normas anteriormente descritas y verificar si la medida es correcta, con el fin de detectar si el paciente sufre una situación de hipoxemia. Los valores de referencia señalan que una $SatO_2$ entre el 90 y el 94 % implica una desaturación leve, si es entre el 85 y 90 % la desaturación es moderada, por debajo del 85 % se considera una desaturación grave y por debajo del 75 % existe peligro para la vida del paciente.

ACTUACIÓN DEL FISIOTERAPEUTA ANTE UNA BAJADA DE OXÍGENO

La gravedad de la disminución de la saturación de oxígeno depende del paciente y de su historia.

Ante una desaturación moderada, la actitud del fisioterapeuta, en principio, debe ser de *alerta*. Como se ha indicado anteriormente, hay que dar más o menos importancia a la bajada de la saturación teniendo en cuenta la patología del paciente, descartando, por supuesto, que esa bajada sea debida a que la sonda conectada al enfermo no esté siendo usada correctamente por alguna causa, como puede ser el que haya una presión excesiva a nivel de la muñeca, lo cual impide el

flujo normal de la sangre y da lugar a registros erróneos de valores de saturación. Descartado esto, si se sigue observando que el valor de saturación que indica el aparato es bajo, se debe considerar como valor indicador de una posible alteración, ante la cual hay que reducir la intensidad del ejercicio, subir el oxígeno, y, al observar una pronta recuperación de esa caída de la saturación, continuar con el entrenamiento. Si después de tomadas las medidas anteriormente citadas la saturación continúa bajando, la actitud del fisioterapeuta debe ser, en primer lugar, parar el ejercicio. Si el paciente está en decúbito pasará a sedestación y se le aumentará el flujo de oxígeno, realizando respiración diafragmática. Posteriormente requerirá la presencia del médico y, si es necesario, se aplicará un broncodilatador hasta que el paciente vaya recuperándose. Nunca se debe llegar a una situación en la que la saturación sea muy grave, ya que ésta implica riesgo para la vida del paciente.

En los tratamientos en UCI con pacientes de riesgo, la movilización se realiza progresivamente desde grupos musculares pequeños a mayores. En caso de desaturación, se introducen pequeños descansos hasta conseguir los objetivos sin provocar trastornos hemodinámicos.

Si el paciente realiza técnicas de higiene bronquial es necesario vigilar la saturación, sobre todo al realizar la acción de toser, la espiración forzada, etc.

INDICACIONES

La pulsioximetría es el procedimiento indicado para utilizar en las siguientes situaciones:

- En unidades de Fisioterapia cardiopulmonar.

- En entrenamiento al esfuerzo.
- En distintos métodos de Fisioterapia respiratoria para el trabajo en pacientes con problemas pulmonares de alto riesgo y con la finalidad de aplicarles la técnica más apropiada.
- En la movilización de enfermos en la UCI para actuar con seguridad.
- Para la valoración de pacientes, por parte del fisioterapeuta, que realizan pruebas como el test de los 6 minutos, o bien a los sometidos a programa de entrenamiento, como por ejemplo, los trasplantados de pulmón. Mediante la pulsioximetría se detecta un posible rechazo, infección o alteraciones de tipo cardíaco en caso de que el pulsioxímetro realice también lecturas de la frecuencia cardíaca.
- En la valoración preoperatoria de pacientes pendientes de otros tipos de cirugía torácica.
- En distintas ramas medicoquirúrgicas.

CONTRAINDICACIONES

No se ha descrito ningún tipo de contraindicación para la utilización del pulsioxímetro en cualquier clase de enfermo. Sólo hace falta conocer su utilidad y su manejo con eficacia, con el fin de no obtener valores de oxigenación erróneos.

Concluimos reafirmando en que la pulsioximetría supone un avance en el campo de la Fisioterapia, tanto por ser un método que se caracteriza por su facilidad de empleo, como por su exactitud en la evaluación de la hipoxia en distintas situaciones clínicas y por la rapidez en la obtención de datos.

BIBLIOGRAFÍA

West John B. *Fisiología respiratoria*. Edit. Panamericana, 2.ª ed., pp. 68-83.

- Ganong Willian F. *Fisiología Médica*. Edit. El Manual Moderno S. A., 1988.
- Tremper K, Barker S. Pulse Oximetry. *Anaesthesiology*, 70: 98-108, 1989.
- Tremper K. Interpretation of non-invasive oxygen & carbon dioxide data. *Anaesthesiology*, 37: 4, 1990.
- Severenghaus J. Pulse oximetry uses and limitations. *ASA Annual Refresher Course Lectures*, 211: 1-5, 1989.
- Ralston AC, Webb RK, Runciman WB. Potential errors in pulse oximetry. *Anaesthesia*. 46, 291-295, 1991.
- Moyle John TB. Uses and abuses of pulse oximetry. *Archives of Disease in Childhood*, 74: 77-80, 1996.
- Nixon, Joswiak, Friker. A six-minute walk test for assessing exercise tolerance in severely ill children. *The Journal of Pediatrics* 129. 3, 1996.
- Secker C, Spiers. Accuracy of pulse oximetry in patients with low systemic vascular resistance. *Anaesthesia*, 52, 127-130, 1997.
- Burrows B, y cols. *Enfermedades del aparato respiratorio*. Edic. Doyma, 1984.
- Buj A. Oxímetro. *Rol de Enfermería*, 146, 82-84.