

Monitoreo respiratorio. Oximetría del pulso

Dr. Jaime Pablo A Ortega-García*

* Centro Médico ABC.

La introducción de la oximetría del pulso en la práctica clínica ha sido un avance revolucionario en la valoración y monitoreo, porque permite de una manera simple no invasiva y razonablemente exacta estimar la saturación de oxígeno arterial. Mathes construyó, en 1935, el primer aparato que medía continuamente la saturación de oxígeno en vivo por transiluminación de los tejidos.

Una revolución en el desarrollo de la oximetría no invasiva ocurrió después del trabajo de ingeniería eléctrica japonesa (Aoyagi), hasta llegar al desarrollo del primer oxímetro de pulso en 1974.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

La estimación de la saturación de oxígeno en la hemoglobina arterial por la oximetría de pulso (SpO_2) está basada en las características específicas de la hemoglobina oxigenada y reducida considerando la absorción de luz en el espectro rojo e infrarrojo. La desoxihemoglobina está caracterizada por una mayor absorción de luz roja (rango de longitud de onda 600-700 nm) en comparación a la oxihemoglobina que exhibe una mayor absorción en el espectro infrarrojo (850-1,000 nm) y se hace un cálculo de estas dos tasas de absorción; este método está basado en la ley Beer-Lambert, la cual relaciona la concentración de un soluto a la intensidad de luz transmitida a través de una solución. La absorción de luz en vivo depende de las características de los tejidos que atraviesa en el sitio de medición.

Durante períodos de tiempo cortos la absorción por la piel, tejido subcutáneo, grasa, músculos, hueso y capilares permanece prácticamente constante (absorción continua).

Por consiguiente, cualquier cambio en la absorción de la luz debe de ser atribuido a las variaciones del volumen sanguíneo arterial relacionado al ciclo cardíaco.

Actualmente, los oxímetros de pulso disponibles están equipados con diodos que emiten dos tipos de luz: una emite

espectro rojo y la otra infrarrojo, con longitudes de onda de 660 y 940 nm, respectivamente. Un microprocesador sustrae absorciones y la señal final es mostrada electrónicamente como una onda pletismográfica.

La SpO_2 que se muestra representa la media de las medidas obtenidas durante los 3-6 segundos previos. El rendimiento de cada aparato se relaciona estrictamente con la capacidad y complejidad de los algoritmos usados en el proceso de señales, la velocidad y calidad de los microprocesadores.

Es esta parte, el reto es cuando se piensa en mejores oxímetros del pulso, algoritmos y microprocesadores; los oxímetros pierden esa calidad y exactitud cuando las saturaciones son inferiores a 70%. La SpO_2 es de hecho un estimado de la SO_2 derivada del análisis de gases y que se relaciona con la PaO_2 en la curva de disociación de O_2 , su relación no es lineal.

La hemoglobina fraccional son todos los tipos de hemoglobina, y la funcional es la que transporta oxígeno; por tanto, los términos son distintos. En situaciones de dishemoglobinemias, la lectura de la oximetría del pulso no refleja adecuadamente las propiedades de transporte de oxígeno de la sangre arterial y tampoco da información acerca de ventilación ni del equilibrio ácido básico.

LIMITACIONES SEGURAS

El movimiento de artefactos es la causa más común de limitación del oxímetro de pulso, porque el componente pulsátil de absorción de luz representa no más del 5% de la energía absorbida total; cualquier movimiento que altere la fracción restante de absorción (especialmente sangre venosa) afecta la señal y disminuye los valores verdaderos. Sin embargo, las tecnologías han mejorado el rendimiento de los oxímetros de nueva generación.

Otra limitante segura son los estados de baja perfusión, resultado en lecturas bajas SpO_2 o retraso en el conocimiento

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/rma>

de la señal; los equipos de nueva generación están equipados con algoritmos de extracción de señales y trabajan mejor en estado de baja perfusión.

La pigmentación de la piel, tinte de uñas o uñas postizas subestiman la SaO_2 . La nueva tecnología es menos susceptible a estas limitaciones. Otra limitante es el ritmo cardíaco irregular, pero también nueva tecnología puede reconocer estos eventos. Una limitante más es la interferencia electromagnética y lectura erróneas.

LIMITACIONES POTENCIALMENTE INSEGURAS

- Aparatos descalibrados saturados por debajo de 80%; son totalmente inexactas y todavía por encima de estas cifras.
- Tiempo para detectar eventos hipóxicos por los algoritmos usados que exceden los 15-20 segundos; aparatos de nueva generación tienen menor tiempo de respuesta.
- Lecturas menores de SpO_2 ocurren cuando los sensores (efecto penumbra) no están colocados adecuadamente (emisor y detector), de acuerdo a las características del paciente.
- Interferencia con la luz ambiental: La luz intensa blanca o infrarroja interfieren con la lectura y dan falsas disminuciones de la SpO_2 ; esto se conoce como efecto tormenta. Se incrementa la intensidad de la luz, ilumina el fotodetector y las tasas de absorción, dando SpO_2 85%. Los aparatos de nueva generación pueden detectar interferencia de luz; especialmente en los que manejan neonatos expuestos a fototerapia debemos estar conscientes de esta limitación potencial.
- Moléculas de hemoglobina anormales: Resultados anormales que influyen en decisiones clínicas. La carboxihemoglobina representa la más peligrosa limitación del oxímetro de pulso porque se sobreestima la oxigenación arterial; este tipo de hemoglobina exhibe absorción de luz roja similar a la de la oxihemoglobina.
- Metahemoglobina, importante pero menos peligrosa limitación. Absorbe aproximadamente la misma suma de energía en el espectro rojo e infrarrojo, resultando en una

sobreestimación de severa hipoxemia. Si la diferencia de la SaO_2 y la SpO_2 excede el 5%, la presencia de la hemoglobina anormal debe ser investigada por un cooxímetro. Los cooxímetros de pulso son una tecnología nobel con multilongitudes de onda, y han demostrado medir exactamente COHb y METHb.

- La hemoglobina fetal y la hemoglobina S, son similares a la hemoglobina del adulto y no interfieren con el oxímetro de pulso; sin embargo los médicos deben recordar que las moléculas de hemoglobina anormal afectan la curva de disociación del oxígeno y los valores no reflejan la oxigenación tisular (gasometrías arteriales), particularmente en niños con enfermedad de células falciformes.
- Pulsación venosa: en casos de insuficiencia tricuspídea y estados hiperdinámicos, esta variación pulsátil puede resultar en una SpO_2 errónea.
- Colorantes intravenosos: azul de metileno (actualmente usado en el tratamiento de primera línea para metahemoglobinemia), verde indocianina y carmín de índigo podrían causar lecturas menores de las SpO_2 . El oxímetro de pulso es parte del monitoreo obligatorio estándar del paciente bajo cualquier tipo de anestesia; sus lecturas varían con la edad y altitud; debe ser usado en cualquier tipo de hipoxemia, incluso para coadyuvar en la decisión de ingresar o egresar pacientes; debe y puede ser usado en monitoreo de la frecuencia cardíaca, perfusión periférica y estatus hemodinámico; el uso de la pletismografía puede revelar estados de la volemia.

Ha sido recomendado su uso en el manejo de la oxigenación durante la reanimación neonatal; también ha sido propuesto como una herramienta de sondeo para la detección temprana en recién nacidos asintomáticos con cardiopatías congénitas. Su aplicación abarca la prevención de la hiperoxia al mantener valores entre 85 y 93%, suficientes para mantener normoxemia.

El reto de los oxímetros de nueva generación es depurar señales con base en el perfeccionamiento de algoritmos y microprocesadores usados para obtener SpO_2 .

REFERENCIAS

1. Tremper KK, Banker SJ. Pulse oximetry. *Anesthesiology*. 1989;70:98-108.
2. Giuliano KK, Higgins TL. New-Generation pulse oximetry in the care of critically ill patients. *Am J Crit Care*. 14:26-39.
3. Fouzas S, Priftis K, Anthracopoulos MB. Pulse oximetry in pediatric practice. *Pediatrics*. 2011;128:740-752.
4. Gopal NM. Measurement of pH, pulse oximetry and capnography. *Anesthesia and Critical Care*. 2008;9:564-566.
5. Jubram A. Pulse Oximetry. *Intensive Care Med*. 2004;30:2017-2020.
6. Aoyagi T. Pulse Oximetry: its invention, theory and future. *J Anesth*. 2003;17:259-266.