



USO E INTERPRETACIÓN DE LA OXIMETRIA DE PULSO

Convenio 519 de 2015

Bogotá D.C. agosto del 2016

ALEJANDRO GAVIRIA URIBE
Ministro de Salud y Protección Social

LUIS FERNANDO CORREA SERNA
**Viceministro de Salud Pública y Prestación de
Servicios (E)**

CARMEN EUGENIA DÁVILA GUERRERO
Viceministra de Protección Social

GERARDO BURGOS BERNAL
Secretario General

ELKIN DE JESÚS OSORIO SALDARRIAGA
Director de Promoción y Prevención



**Organización
Panamericana
de la Salud**



**Organización
Mundial de la Salud**
OFICINA REGIONAL PARA LAS **Américas**

GINA WATSON LEWIS
Representante OPS/OMS Colombia

WILMER MARQUÍÑO
**Asesor Control de Enfermedades y análisis en
salud**

ANDRES SUANCA SIERRA
**Administrador Representación OPS/OMS
Colombia**

LUCY ARCINIEGAS MILLÁN
Oficial de Programas y Gestión de Proyectos

REFERENTES TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DEL CONVENIO

JOSÉ F. VALDERRAMA VERGARA
Subdirector de Enfermedades
No Transmisibles MSPS

YOLANDA I. SANDOVAL GIL
Profesional Especializado
Subdirección Enfermedades
No Transmisibles MSPS

ANA MARIA PEÑUELA
Supervisión MSPS

DIANA MACELA PLAZAS
Seguimiento MSPS

FRANKLYN PRIETO ALVARADO
Consultor Nacional
OPS/OMS

PATRICIA VEGA MORENO
Administradora Convenios
OPS/OMS

MARIA DEL PILAR DUARTE
Seguimiento MSPS

JAIRO ACOSTA RODRIGUEZ
Seguimiento MSPS

CONSULTORÍA

FUNDACIÓN SANTA FE DE BOGOTÁ

Institución privada

DARIO LONDOÑO TRUJILLO. MD, MSc.

Médico Internista - Neumólogo. Neumólogo Institucional del Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá y Director de eje de Salud Pública de la Fundación Santa fe de Bogotá.

RAFAEL ACERO COLMENARES. MD.

Médico Internista - Neumólogo. Neumólogo Institucional del Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá. Profesor Asociado Facultad de Medicina de la Universidad de los Andes.

AUDREY PIOTROSTANALSKI. MD.

Medica Internista – Neumóloga. Presidenta del Capítulo del eje cafetero de la Asociación Colombiana de Neumología y Cirugía del Tórax.

NESTOR CORREA. MD.

Médico Internista. Investigador del eje de Salud Pública de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

LUISA FERNANDA GÜELL CAMACHO

Enfermera especialista en Cuidado respiratorio y Entrenamiento físico para la Salud. Coordinadora del programa de Rehabilitación Pulmonar del Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

XIMENA CORREA

Fisioterapeuta especialista en Rehabilitación Cardio-pulmonar.

ANGELICA DORADO

Química Farmacéutica. Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

SIMON TOMASI

Geógrafo. Investigador visitante del Eje de Salud Pública de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

CLAUDIA MARCELA MORENO. MSc.

Enfermera Epidemióloga. Asesora de estructuración del ASIS.

Este documento ha sido elaborado en el marco del Convenio 519 de 2015 suscrito entre el Ministerio de Salud y Protección Social y la Organización Panamericana de la Salud.

Los productos resultantes del Convenio son propiedad de las partes. No podrán ser cedidos a ninguna persona natural o jurídica sin el consentimiento previo, expreso y escrito de la otra parte

Contenido

1.	Generalidades	7
2.	Valores normales.....	7
3.	Uso clínico.	9
4.	Recomendaciones de uso	11
5.	Definición de Hipoxemia y uso de la SpO2	12
6.	Referencia:	13

1. Generalidades

El oxígeno es indispensable para el adecuado funcionamiento de todas las células y órganos del cuerpo humano, ingresa del aire ambiente a los alvéolos donde entra en contacto con la circulación y se realiza intercambio de gases. El oxígeno pasa a la sangre donde una parte permanece como oxígeno disuelto (Presión arterial de O₂, PaO₂), pero la mayoría es captada por la hemoglobina que lo transporta a los tejidos. Un gramo de hemoglobina transporta 1,36 ml de oxígeno (hemoglobina 100% saturada (SaO₂)). La cantidad de oxígeno que se transporta a los tejidos (contenido arterial de oxígeno, CaO₂) depende principalmente de la cantidad de hemoglobina y de su saturación con oxígeno ($CaO_2 = (Hgb \times 1,36 \times SaO_2)$ y en menor proporción del oxígeno disuelto + $(PaO_2 \times 0.0031)$)).

Cuando se habla de saturación arterial de oxígeno (SaO₂) se hace referencia a que proporción (%) de la capacidad total de la hemoglobina está ocupada por oxígeno, a más saturación de oxígeno la hemoglobina toma color rojo brillante.

La oximetría (1,2,3) de pulso se basa en la diferencia en la absorción de ondas de luz por hemoglobina oxigenada y desoxigenada. El oxímetro tiene un diodo que emite ondas de luz roja hasta casi infrarroja, una foto iodo al otro extremo que detecta la luz transmitida o reflejada a través del tejido, y un microprocesador que puede identificar y separar el componente pulsátil (arterial) del no pulsátil (venoso), y de acuerdo a la absorción de las ondas de luz calcular la saturación arterial de oxígeno (SaO₂) de la hemoglobina pulsátil (arterial) usando el promedio de medidas repetidas en un periodo de tiempo. El resultado obtenido es el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en sangre arterial (SaO₂), por ser medido con oxímetro de pulso se denomina SpO₂, además con el número de pulsaciones informa la frecuencia cardiaca por minuto.

2. Valores normales

El oxígeno disuelto es captado por la hemoglobina, la relación entre la presión arterial de oxígeno y la saturación de oxígeno de la hemoglobina (afinidad de la hemoglobina por el oxígeno) se describe en la curva de disociación de la hemoglobina que es sigmoidea (Figura No.1).

Inicialmente esta relación es pendiente y pequeños aumentos en la presión de oxígeno aumentan significativamente la SaO₂, cuando la PaO₂ llega alrededor de 60 mmHg la curva pierde inclinación, se hace más horizontal y al llegar a 70 mmHg (SaO₂ aprox 90-92%) la curva se hace más plana, casi horizontal y a pesar de aumentar la presión de oxígeno la SaO₂ aumenta muy poco o nada si la hemoglobina esta 100% saturada (aprox PaO₂ de 100 mmHg) (Figura 1).

Viendo la curva en sentido contrario, la presión arterial de oxígeno puede disminuir de más de 100 mmHg hasta 65 - 70 mmHg y la SaO₂ baja de 100 a 90%. Cuando la PaO₂ disminuye de 70 y especialmente menor de 60 mmHg, pequeños cambios en la PaO₂ causan caídas grandes en la SaO₂ y por lo tanto en el contenido arterial de oxígeno.

La afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, y por lo tanto la relación entre la PaO₂ y la SaO₂ se modifica por diversos factores, principalmente la temperatura, la presión arterial de dióxido de carbono (PaCO₂) y la concentración de hidrogeniones (pH). El aumento de cualquiera de estos factores disminuye la afinidad de la Hb por el O₂, es decir desplaza la curva hacia la derecha y abajo y se necesita más presión de oxígeno para lograr la misma SaO₂.

Figura 1. Curva de Disociación de la Hemoglobina



La PaO₂ y la SaO₂ disminuyen cuando aumenta la altitud sobre el nivel del mar, a nivel del mar la SaO₂ normal esta entre 95 y 100%.

Un estudio en Colombia (4) evaluó la SaO₂ en 264 hombres y mujeres sanas entre 18 y 30 años en altitudes entre 970 m y 2600 m sobre el nivel del mar, (Tabla 1) encontrando pocas diferencias pero siendo menor a 2600 m (SaO₂ promedio hombres 93,6 % vs 94,8% mujeres 93,6% vs 96,4%). Hay que tener en cuenta que en adultos mayores la PaO₂ y SaO₂ tiende a disminuir con la edad. En Bogotá, la presión arterial de oxígeno (PaO₂) puede pasar de 68 – 70 mmHg en menores de 30 años a 62-60 mmHg en hombres y mujeres mayores de 70 años, esto corresponde a una SaO₂ calculada de 94% y 92%, respectivamente (5).

En Medellín a 1538 m sobre el nivel del mar, un estudio (6) de 76 adultos sanos entre 20 y 45 años encontró una PaO₂ media 80 mmHg, (IC95%: 79,7-81,5) que corresponde a una SaO₂ calculada de 96%, similar a la hallada en el estudio anteriormente mencionado (1520 m: 95,5%).

Tabla 1. Saturación arterial de oxígeno en diferentes alturas en población sana en Colombia.

Altitud sobre nivel del mar	SaO ₂ % Hombres Media (IC95%)	SaO ₂ % Mujeres Media (IC95%)
970mt	94,8 (94,1-95,4)	96,4 (95,7 – 97,1)
1520	95,5 (94,9-96,1)	95,6 (94,9 – 96,2)
1728	95,7 (95,3-96,2)	96,1 (95,6 – 96,6)
1923	95,1 (94,3-95,8)	96 (95,6-96,3)
2180	95,2 (94,6-95,9)	95,4 (94,9-95,9)
2600	93,6 (93,2-94)	94,4 (94,1-94,8)

Nutr Hosp. 2015;32(5):2309-2318

3. Uso clínico.

El principal uso de la oximetría de pulso en la evaluación del paciente con enfermedad respiratoria crónica es detectar pacientes con hipoxemia y graduar la cantidad de oxígeno que necesitan para corregirla (Fracción inspirada de oxígeno, FIO₂). Identificar estos pacientes es muy importante en la práctica clínica ya que el uso adecuado de oxígeno en estos pacientes ha demostrado

que mejora la disnea, la calidad de vida, la capacidad de ejercicio y aumenta la sobrevida.

Otro uso importante de la oximetría es detectar hipoxemia durante las exacerbaciones de asma o de la EPOC.

La indicación de uso de oxígeno continua, está dada por la presión arterial de oxígeno (PaO_2 menor 55 mmHg) y no por la SaO_2 . Por lo tanto, todo paciente con disminución de la SaO_2 debe tener confirmación con unos gases arteriales antes de indicar el uso de oxígeno, a no ser que sea imposible hacer los gases arteriales y la SaO_2 se encuentre significativamente disminuida después de al menos tres meses de tratamiento y revisar las causas posibles de error en la medición.

En el nomograma usado para calcular la saturación arterial de oxígeno mediante el pH y la PaO_2 , una PaO_2 de 55 mmHg, corresponde a saturaciones arteriales de oxígeno (SaO_2) entre 86% y 90% dependiendo del pH de la sangre (pH 7,35 a 7,45).

Sobre la administración de oxígeno en niños a diferentes altitudes se propone que a una altitud de 2500 m sobre el nivel del mar la saturación debe ser SpO_2 de 90% y a 3000 m debe ser de SpO_2 de 85% (7)

Una guía de uso clínico de oximetría (8) desarrollada por International COPD Coalition, World Family Doctors, International Primary Care Respiratory Group sugiere que a nivel del mar, los pacientes con EPOC y SaO_2 menor de 92% deben ser evaluados con gases arteriales y quienes tengan una SaO_2 menor de 88% deben iniciar oxigenoterapia crónica. Si no es posible tener gases arteriales y la FIO_2 se debe ajustar para tener una SaO_2 mayor de 90%.

A pesar de no tener evidencia suficiente para definir cuándo sospechar hipoxemia en las diferentes alturas y en diferentes edades, sugerimos guiarnos por los datos que tenemos y los conceptos fisiológicos mencionados y recomendamos que a menos de 2200 m de altitud, sospechar hipoxemia cuando la SpO_2 es menor de 92% y definir desaturación y probable hipoxemia significativa cuando la SpO_2 es menor de 88%. A 2600 m sugestivo de hipoxemia SpO_2 menor de 90% e hipoxemia significativa y pensar en usar oxígeno cuando la SpO_2 es menor de 85-86%.

Altitud sobre nivel del mar	sugestivo hipoxemia SpO2%	Sugestivo hipoxemia significativa. SpO2%
Nivel del mar a 2200 m	< 92%	< 88%
2600	< 90%	< 86%

Factores que afectan la medición (1,2,3)

Factores		Recomendación
Perfusión	Presión arterial baja, choque, hipotermia, obstrucción arterial, no detecta componente pulsátil.	Revisar intensidad y regularidad de la señal de pulso.
SpO2	El cálculo de la SaO2 no es adecuado para saturaciones menores de 80%.	Se debe confirmar con gases arteriales, cooximetría.
Alteraciones hemoglobina CarboxiHgb, MetaHgb	Tiene espectro de absorción de luz similar a la oxiHgb, aumenta falsamente la SpO2.	No se debe usar para evaluar SaO2 .en estos casos.
Color de piel, ictericia	No interfiere, cuando SaO2 menor de 90% pieles muy oscuras pueden sobreestimar SpO2 en 2%.	
Esmaltes	Esmaltes oscuros (café, negro, azul) disminuyen poco la SpO2.	Se recomienda remover esmalte.
Hipocratismo digital	Causa disminución SpO2 hasta 8%.	No medir en los dedos, usar sensores de oreja.
Anemia	No interfiere con hemoglobinas más de 5 gr./dl	
Luz ambiental	La luz usada en interiores tiene poco efecto sobre la medida.	Evitar luz intensa sobre el sensor.

4. Recomendaciones de uso

- Calibración: no hay una recomendación definida sobre calibración y validación, sugieren calibración o validación de los sensores no desechables cada 1 a 2 años.
- Desinfección: no se requieren medidas especiales, se debe limpiar y desinfectar entre pacientes de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Se puede limpiar la zona de contacto con un paño húmedo o

con alcohol. Quien lo usa debe lavarse o desinfectarse las manos entre paciente.

- Sitio de uso: verificar perfusión y temperatura del lugar donde se coloca, piel debe estar seca. En adultos generalmente en un dedo de la mano, en recién nacidos y lactantes en el grueso artejo o en el dorso de la mano. Se pueden usar sensores para el lóbulo de la oreja.
- Colocación del sensor: colocar el fotodiodo emisor de luz (luz roja) hacia el lecho ungueal y el fotodiodo receptor (no emite luz) en el lado opuesto.
- Los sensores de dedo demoran un poco en estabilizar la medida, se debe asegurar que la onda de pulso es adecuada en intensidad y ritmo, mantener el dedo sin movimiento.
- Si no logra onda de pulso de buena intensidad y ritmo, ni medidas estables, cambie el sensor de sitio.

5. Definición de Hipoxemia y uso de la SpO2

- Sospecha de hipoxemia, solicitar gases arteriales
 - a. Altitud ≤ 2200 mts SpO2 $< 92\%$,
 - b. Altitud 2600 a 3000 mts SpO2 $< 90\%$ e hipoxemia significativa y pensar en usar oxígeno cuando la SaO2 es menor de 86%.
- Hipoxemia significativa, tome gases arteriales y si no es posible inicie oxigenoterapia crónica.
 - c. Altitud ≤ 2200 mts SpO2 $< 88\%$,
 - d. Altitud 2600 a 3000 mts SpO2 $< 86\%$.

6. Referencia

1. Official guidelines from the Thoracic Society of Australia and New Zealand. *Respirology* (2014) 19, 38–46
2. Palacios M. S, Alvarez C, Schonffeldt L, Cespedes J, et al. Sociedad Chilena de enfermedades respiratorias. Guía para realizar oximetría de pulso en la práctica clínica *Rev Chil Enf Respir* 2010; 26: 49-51
3. Organización Mundial de la salud. Manual de oximetría de Pulso global. <http://www.lifebox.org/wp-content/uploads/2012/11/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Spanish.pdf>
4. Trompetero González AC, Cristancho Mejía E, Benavides Pinzón E, et al. Comportamiento de la concentración de hemoglobina, el hematocrito y la saturación de oxígeno en una población universitaria en Colombia a diferentes Alturas. *Nutr Hosp.* 2015;32(5):2309-2318
5. Darío Maldonado, Mauricio González-García, Margarita Barrero, Alejandro Casas, Carlos Torres-Duque. Reference Values For Arterial Blood Gases At An Altitude Of 2640 Meters. *Abstrac American Thoracic Society Congress 2013.* Fundación Neumológica Colombiana Bogotá – Colombia. www.neumologica.org
6. Héctor Ortega, Amira Millán, Gladys Elena Mesa Gasimetría arterial en población adulta sana de la ciudad de Medellín. *Acta Med Colomb* 2002; 27: 98-102
7. Rami Subhi,¹ Katherine Smith,² Trevor Duke³ When should oxygen be given to children at high altitude? A systematic review to define altitude specific hypoxaemia. *Arch Dis Child* 2009; 94:6–10.
8. International COPD Coalition, World Family Doctors , International Primary Care Respiratory Group (Clinical use of pulse oximetry. http://www.internationalcopd.org/documents/English/Pulse_Oximetry_Pocket_Guide.pdf),