VALORES DE REFERENCIA DE OXIMETRÍA DE PULSO EN PREMATUROS: SEGUIMOS EN DEUDA

REFERENCE VALUES OF PULSE OXIMETRY IN PRETERM INFANTS: STILL A DEBT

Dr. Ignacio J. Oyarzún A.¹, Dra. Alejandra Zamorano W.²

1 Pediatra, Residente Enfermedades Respiratorias del Niño, Facultad de Medicina Pontificia Universidad Católica de Chile.

2 Pediatra Especialista en Enfermedades Respiratorias, Complejo Asistencial Hospital Sótero del Río, Profesor Asistente, Facultad de Medicina Pontificia Universidad Católica de Chile.

ABSTRACT

Oxygen therapy is frequent in prematures to treat respiratory conditions typically associated with them. Long-term use is mainly due to Bronchopulmonary Dysplasia (BPD). However, the use of oxygen has been controversial in the last decade especially given the associated risk of hyperoxemia in these children. Pulse oximetry (SpO₂) is a fundamental tool to guide oxygen therapy. Different trials have found that, in prematures born ≤ 28 weeks of gestational age who requires oxygen, a restrictive SpO₂ target (85-89%) vs a liberal one (91-95%) may cause a higher mortality rate and enterocolitis, but less serious retinopathy. These targets are not normal SpO₂ values. Studies on SpO₂ reference values in preterm infants are scarce, heterogeneous and they do not necessarily use highly accurate and latest generation pulse oximeters. This contributes to the variation of oxygen therapy among different centers and reinforces the relevance of having SpO₂ reference values in preterm infants to safely guide oxygen therapy.

Keywords: Prematurity; pulse oximetry; reference values.

RESUMEN

La terapia con oxígeno es frecuente en prematuros para el tratamiento de patología respiratoria propia de su condición. En forma crónica la principal causa de su uso es Displasia Broncopulmonar (DBP). Sin embargo, el uso de oxígeno en prematuros ha sido motivo de debate en la última década fundamentalmente por los riesgos asociados a estados de hiperoxemia. La oximetría de pulso (SpO₂) es una herramienta fundamental para guiar la oxigenoterapia. En prematuros que nacen ≤ 28 semanas de edad gestacional que requieren oxígeno, distintos estudios han demostrado que una meta de SpO₂ restrictiva (85-89%) vs liberal (91-95%) tendría mayor mortalidad y enterocolitis, pero menor retinopatía grave. Estas metas no son valores normales de SpO₂. Los estudios sobre valores de referencia de SpO₂ en prematuros son limitados, heterogéneos y no necesariamente con oxímetros de última generación de mayor precisión. Esto contribuye a que la oxigenoterapia sea variable entre distintos centros y refuerza la relevancia de contar con valores de referencia de SpO₂ en prematuros para guiar con seguridad el uso de oxígeno.

Palabras clave: prematuridad, oximetría de pulso, valores de referencia.

INTRODUCCIÓN

Prematuridad, displasia broncopulmonar y oxigenoterapia

La prematuridad, definida como los recién nacidos (RN) < 37 semanas de edad gestacional, tiene una incidencia global de 15 millones por año, cifra variable según cada país, siendo reportado entre un 5 a 18% del total de RN vivos (1). En Chile, la tasa global de prematuridad es cercana a un 7,2%. De estos, cerca de un 1% son prematuros extremos, que corresponden al grupo de menores de 32 semanas de edad gestacional al nacer y/o menores de 1500 gramos de peso de nacimiento, estimándose alrededor de 1500 casos nuevos por año.

La prematuridad es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad neonatal, y además mientras menor edad gestacional y menor peso de nacimiento existe mayor probabilidad de presentar complicaciones. Dentro de las

principales comorbilidades que afectan a este grupo de niños se encuentra la Displasia Broncopulmonar (DBP). En Estados Unidos se ha reportado una incidencia de DBP de un 3 a 50% dependiendo de la definición utilizada, estimándose 10.000 a 15.000 nuevos casos por año (3). El grupo colaborativo NEOCOSURE ha reportado hasta un 25% de DBP (Definido como uso de oxígeno a las 36 semanas post conceptuales), alcanzando hasta un 64% de incidencia en RN de 24 a 25 semanas de nacimiento (4).

La DBP es la principal indicación de oxigenoterapia crónica en pediatría (5). En nuestro medio, Palomino et al (6) reportaron que al igual que en otros centros del mundo, un 7% del total de prematuros extremos nacidos en centros hospitalarios de Chile entre los años 2000-2004 requerían oxígeno domiciliario, debido principalmente a DBP. Pittaluga y cols en el programa de seguimiento de 807 prematuros extremos nacidos entre los años 2009 y 2015 en el Hospital Sótero del Río (Puente Alto, Chile), reportaron un 28% de DBP si es definida como uso de oxígeno durante los primeros 28 días de vida y cercano a un 15% si es definida como uso de oxígeno a las 36 semanas de edad gestacional. Del total de prematuros, un 5% fue dado de alta con oxígeno domiciliario (Datos no publicados).

A pesar de ser una conducta habitual en las distintas

Correspondencia:

Dr. Ignacio Oyarzún A.
Pontificia Universidad Católica de Chile
Diagonal Paraguay 362
Santiago
Correo electrónico: ijoyarzu@uc.cl

unidades de neonatología, la indicación de oxígeno y la meta de saturación que se exige a cada niño es muy heterogénea entre distintos centros y ha sido un tema de controversia en la última década. Los objetivos de esta revisión son describir la forma en que determinamos hipoxemia en prematuros y sus limitaciones, guiados principalmente por la oximetría de pulso, la evidencia respecto a las metas de saturación según la edad gestacional y contexto clínico del paciente y finalmente analizar la importancia de contar con valores de referencia de saturimetría en prematuros sanos para poder guiar de manera adecuada la oxigenoterapia.

OXIMETRÍA DE PULSO:

Nuevas tecnologías y uso en neonatología

Hoy en día, la forma en que determinamos los requerimientos de oxígeno y el estado de oxigenación de nuestros pacientes se basa fundamentalmente en la oximetría de pulso. Esta tecnología tiene sus orígenes en la década del 70, cuando Aoyagi y Kishi descubrieron que los cambios pulsátiles del compartimiento arterial en el rango de absorción de luz roja e infrarojo de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada podrían

ser usados para calcular la saturación de oxígeno de pulso (SpO_2). Fue a mediados de los 80 en que su uso se hizo más frecuente en pediatría, llegando a las unidades de neonatología, convirtiéndose de este modo en la principal forma no invasiva de monitorización continua del estado de oxigenación en los RN (7-9).

El principio fundamental de esta tecnología es la estimación de la saturación de hemoglobina basado en la diferencia de absorción de luz en la longitud de onda roja (660nm) e infrarojo (940nm). La relación entre luz roja e infrarojo (razón de modulación rojo:infrarojo) nos permite estimar la saturación de la hemoglobina. Es así como la hemoglobina oxigenada absorbe menos la luz roja y más la luz infrarojo. Por lo tanto, una razón de modulación rojo:infrarojo menor se relaciona con mayores niveles de saturación de hemoglobina. Estas propiedades de la oximetría de pulso se resumen en Figura 1. Una forma de recordar esto es en base a los principios básicos de absorción y reflejo de luz en los objetos que nos rodean. Por ejemplo, una manzana de color rojo refleja más el rojo y lo absorbe menos, esto hace que la veamos de ese color. La hemoglobina oxigenada tiene un comportamiento similar, absorbe menos la luz roja y la refleja más, por lo tanto la sangre oxigenada la vemos de color rojo.

Figura 1. Espectro de absorción de luz de hemoglobina y estimación de saturación de hemoglobina.

Las principales limitaciones de esta técnica para la estimación de la saturación de la hemoglobina están dadas por el tipo de sensor y su colocación. Una colocación inadecuada podría crear un shunt óptico, alterando así la medición; la perfusión periférica puede limitar la detección de hemoglobina en sangre y por lo tanto su absorción de luz; el tiempo de respuesta o promediación programado en el equipo de oximetría influye en la precisión para detectar e informar los eventos de hipoxemia. A mayores tiempos de promediación es más probable que se subestimen caídas en la saturación. Es importante considerar el objetivo de nuestra medición (Ej. Monitorización en unidad de cuidado intensivo versus estudio preciso de hipoxemia) y en base a esto ajustar la precisión que necesitamos en nuestro equipo. Los artefactos por movimiento pueden alterar la absorción no pulsátil del haz de luz, creando artefactos en la oximetría; al igual que alteraciones de la hemoglobina y pigmentación de la piel. Existen algoritmos específicos de extrapolación de la

información obtenida por cada equipo para la estimación de la saturación de hemoglobina; y finalmente, la precisión en los rangos de hiperoxemia e hipoxemia, habiéndose descrito que niveles de saturación de SpO_2 bajo 70-80% tendrían una mayor dispersión en los valores reales de oxígeno en gases de sangre arterial concomitantes (10). En la Figura 2 se resumen las principales limitaciones de la oximetría de pulso.

Los nuevos oxímetros de pulso con tecnología de extracción de señal (SET, por su sigla en inglés) han permitido procesar y eliminar los ruidos que no provienen de la señal pulsátil arterial, permitiendo separar los artefactos dados por el movimiento, mejorando así la precisión de su medición. Otra innovación de esta tecnología es la identificación de la calidad de señal (IQ Signal), que permite comprobar en forma permanente si la medición del oxímetro es la adecuada en cada pulsación (11-13). Dado las ventajas descritas de la tecnología SET es que su uso en neonatología es cada vez más aceptado. Al

comparar distintos tipos de oxímetros en neonatos, se ha podido determinar que la sensibilidad y especificidad para detectar verdaderos episodios de hipoxemia y bradicardia es superior al utilizar la tecnología de extracción de señal (11,14).

Figura 2. Factores que determinan la medición de oximetría de pulso.

USO DE OXÍGENO EN PREMATUROS: Riesgos y beneficios

El uso de oxígeno en prematuros ha sido controversial y tema de estudio en la última década. Un uso liberal tiene el riesgo de hiperoxemia y estrés oxidativo, los cuales se han relacionado con mayor incidencia de retinopatía del prematuro y ceguera. El uso restrictivo tiene el riesgo de hipoxemia, que se ha relacionado con una mayor mortalidad. El grupo colaborativo NeOProM el año 2003 coordinó 5 ensayos clínicos randomizados (SUPPORT en Estados Unidos, BOOST2 en Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda y el Canadian COT en Canadá) con un total de 4965 RN prematuros menores de 28 semanas de edad gestacional, con el objetivo de poder determinar el nivel de saturación ideal en esta población en base a la SpO_2 , comparando una meta de saturación entre 85-89% vs 91-95% hasta las 36 semanas post concepcionales o la suspensión de la oxigenoterapia (15). El metanálisis de los resultados obtenidos determinó que un objetivo de saturación menor aumenta la mortalidad a los 18 y 24 meses de edad corregida con un RR 1.16 (95%IC 1.03-1.31) y Enterocolitis necrotizante con un RR 1.24 (95%IC 1.05-1.47). A su vez, disminuye la incidencia de retinopatía del prematuro que requiere tratamiento, con un RR 0.72 (95%IC 0.61-0.85) (16). Sin embargo, estos objetivos de saturación no son valores de referencia de normalidad de SpO_2 , dado que se incluyeron prematuros extremos en los cuales se determinó que requerían oxigenoterapia por diversos motivos. No son estudios que evalúen los niveles de saturación normal en población sin necesidad de oxígeno.

Por otro lado, en niños con DBP con requerimiento de oxígeno, su uso en forma crónica en domicilio ha demostrado beneficio en disminuir la frecuencia de desaturaciones intermitentes y mejoría de la arquitectura del sueño; menor riesgo de muerte súbita; disminución de hipertensión pulmonar; disminución de la resistencia de la vía aérea, aumento de la compliance pulmonar y disminución de trabajo respiratorio; efecto positivo sobre el crecimiento y neurodesarrollo. Esto ha determinado que sea una práctica habitual la indicación de

oxigenoterapia al momento del alta hospitalaria en niños en que se ha establecido que requieren oxígeno (5).

TOMANDO DECISIONES RESPECTO A OXIGENOTERAPIA: ¿Cuándo? ¿Cuanto?

La forma de decidir los requerimientos de oxígeno en prematuros al momento del alta es otro punto de controversia. La realización de oximetría de pulso previo alta y los valores para definir eventos de desaturación y/o necesidad de oxigenoterapia es variable entre distintos centros del mundo e incluso en distintos centros dentro de un mismo país (17). En nuestro medio se recomienda la realización de oximetría de pulso nocturna de 8 a 12 horas en prematuros <32 semanas de edad gestacional al nacimiento y/o <1500 gr con diagnóstico de DBP previo al alta o a la semana 36 post concepcional, con el objetivo de determinar requerimientos de oxígeno y severidad de la DBP. La guía del Ministerio de Salud de Chile del año 2009 de DBP, determinó por consenso de expertos, criterios de saturación con un objetivo de $SpO_2 > 95\%$ en >44 semanas post concepcionales con retina madura o hipertensión pulmonar y SpO_2 entre 92-94% en < 44 semanas post concepcionales o con retina inmadura (18). Sin embargo, hoy en día no existen valores de referencia de oximetría de pulso en niños prematuros que nos permitan determinar con exactitud los valores de saturación normal y los eventos de desaturación que consideraremos alterados.

VALORES DE REFERENCIA DE OXIMETRÍA DE PULSO EN PREMATUROS

Como hemos señalado previamente, a pesar del amplio uso de la oximetría de pulso en neonatología, existen escasos estudios que han intentado determinar valores de referencia en prematuros. Desde el año 1991 se han publicado 6 estudios, ninguno realizado en nuestro medio (19-24). Las características principales de estos estudios se resumen en Tabla 1. La principal limitación para poder utilizar estos valores reportados ha sido el escaso número de pacientes incluidos en los diferentes estudios, variando entre 15 a 66 niños; la definición de prematuro "sano" utilizada, debido a las múltiples comorbilidades de este grupo de niños, lo que dificulta tener un patrón de normalidad; la variabilidad en la edad post concepcional en que se ha realizado la oximetría de pulso, variando entre 48 horas a 37 semanas post concepcionales; el equipo utilizado, ya que en la mayoría de los estudios señalados no se ha utilizado tecnología de extracción de señal, lo que resulta en valores de menor precisión y confiabilidad.

En este contexto, es que resulta fundamental contar con valores de referencia de oximetría de pulso en prematuros. De este modo, podríamos determinar con mayor claridad quienes requieren oxígeno al momento del alta y cuanto se debe exigir como meta de saturación, en relación a valores obtenidos de prematuros que normalmente no requieren oxígeno. Contar con estos valores sería de gran ayuda para una mayor precisión en la oxigenoterapia y evitar así los efectos de la hiperoxemia o hipoxemia.

Tabla 1. Resumen de estudios publicados con valores normales de saturometría de pulso en prematuros.

Año	País	Autor	n	EG de RN (semanas)	Edad al realizar SpO ₂	Equipo utilizado	Tiempo de promediación utilizado en equipo	Promedio SpO ₂ (Rango)	p5
1991	UK	Poets (19)	66	25 - 32	37-46 semanas	Nellcor 100	Pulso a pulso	99,4 (88,9-100)	94,3
1993	UK	Richard (20)	55	30 - 36	1 semana de vida	Nellcor 200	Pulso a pulso	99,4 (90,7 - 100)	65,5
2011	UK	Harigopal (21)	43	29 - 36	2 semanas de vida	Nellcor 595	(*)	95 (92 - 99)	(*)
2012	USA	Rhein (22)	52	27 - 31	> 35 semanas, sin O ₂ por una semana	Masimo RAD 7	2 segundos	98,8 (95 -100)	96
2014	CAN	Shah (23)	60	35 - 41	48 horas de vida	Nellcor 600	2 a 3 segundos	96,5 (*)	(*)
2016	AUST	Rath (24)	15	24 - 26	37 semanas	Masimo RAD 7	2 segundos	97 (*)	(*)

EG: edad gestacional; RN: recién nacido; SpO₂: oximetría de pulso; UK: Reino Unido, USA: Estados Unidos, CAN: CANADA, AUST: Australia; PT: Pretermino, T: Terminio; () información no reportada.

CONCLUSIÓN

La oximetría de pulso es el método más utilizado para monitorizar y diagnosticar hipoxemia. Existen nuevas tecnologías que permiten que sus mediciones sean más confiables. En las unidades de neonatología cada vez se está usando más la tecnología de extracción de señal que ha demostrado una mayor precisión en identificar verdaderos episodios de desaturación. La evidencia actual se ha centrado en definir metas de saturación en base a oximetría de pulso en pacientes que ya requieren oxígeno, sobre todo basándose en los riesgos que puede tener la hiperoxemia o hipoxemia en mortalidad o discapacidad (neurodesarrollo, retinopatía, entre otros). Respecto a valores de saturación normal en prematuros que no requieren oxígeno existe evidencia limitada. A la fecha existen pocos estudios, de alta heterogeneidad respecto al tipo de paciente y equipos de oximetría utilizados, lo que hace que no necesariamente sean resultados aplicables a nuestro medio. Es por este motivo que hoy en día la decisión del uso de oxigenoterapia se basa principalmente en consenso en base a la literatura disponible. En este contexto Cherian y cols proponen que es importante considerar que las metas de saturación varían en distintos momentos en la vida de un prematuro. Su uso en sala de reanimación debiera ser cauteloso, considerando niveles de SpO₂ entre 85-92% en los primeros 10 minutos de vida. Posteriormente las metas debieran ser entre 91-95% hasta las 36 semanas de edad post concepcional. Previo al alta, se debe optimizar un crecimiento y desarrollo adecuado, con promedio de SpO₂ entre 93 a 95%. Una vez en domicilio, y en fase de suspensión de oxígeno deberíamos mantener SpO₂ entre 93-95% con menos del 5% del tiempo bajo 85% y menos del 5% del tiempo bajo 90% de SpO₂ (25).

La oxigenoterapia en prematuros continúa siendo

motivo de controversia. Es fundamental contar con mayores estudios que evalúen valores normales de SpO₂ en prematuros. De este modo podremos guiar con mayor precisión la oxigenoterapia en un grupo de niños vulnerables a los riesgos del uso excesivo o insuficiente de oxígeno.

Los autores declaran no presentar conflicto de intereses

REFERENCIAS

1. Purisch SE, Gyamfi-Bannerman C. Epidemiology of preterm birth. Semin Perinatol. 2017;41 (7): 387-391.
2. Ministerio de Salud de Chile. Departamento de estadística e información en salud (DEIS), 2014. En <http://www.deis.cl>
3. Stoll BJ, Hansen NI, Bell EF, Shankaran S, Laptook AR, Walsh MC et al. Neonatal outcomes of extremely preterm infants from the NICHD Neonatal Research Network. Pediatr 2010;126 (3): 443-56.
4. Fernández R, D'Apremont I, Domínguez A, Tapia JL. Survival and morbidity of very low birth weight infant in a South American neonatal network. Arch Argent Pediatr. 2014;112 (5):405-12.
5. Luna Paredes MC, Asensio de la Cruz O, Cortell Aznar I, Martínez Carrasco MC, Barrio Gómez de Agüero MI, Pérez Ruiz E, et al. Oxygen therapy in acute and chronic conditions: Indications, oxygen systems, assesment and follow-up. An Pediatr (Barc).2009;71(2):161-74.
6. Palomino MA, Morgues M, Martínez F. Management of infants with chronic lung disease of prematurity in Chile. Early Hum Dev. 2005;8(2):143-9.
7. Tin W, Lal M. Principles of pulse oximetry and its clinical

- application in neonatal medicine. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2015;20(3):192-7.
8. Fouzas S, Priftis KN, Anthracopoulos MB. Pulse oximetry in pediatric practice. *Pediatrics.* 2011;128 (4): 740-52.
 9. Chan ED, Chan MM, Chan MM. Pulse oximetry: understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations. *Respir Med.* 2013; 107(6):789-99.
 10. Ross PA, Newth CJ, Khemani RG. Accuracy of pulse oximetry in children. *Pediatrics* 2014;133(1):22-9.
 11. Barjer SJ. "Motion-resistant" pulse oximetry: a comparison of new and old models. *Anesth Analg.* 2002; 95(4):967-72.
 12. Sola A, Chow L, Rogido M. Pulse Oximetry in neonatal care in 2005. A comprehensive state of the art review. *An Pediatr (Barc).* 2005; 62(3):266-81.
 13. Baquero H, Alviz R, Castillo A, Neira F, Sola A. Avoiding hyperoxemia during neonatal resuscitation: time to response of different SpO2 monitors. *Acta Pediatr.* 2011; 100(4):515-8.
 14. Hay WW Jr, Rodden DJ, Collins SM, Melara DL, Hale KA, Fashaw LM. Reliability of conventional and new pulse oximetry in neonatal patients. *J Perinatol.* 2002; 22(5):360-6.
 15. Owen LS, Manley BJ, Davis PG, Doyle LW. The evolution of modern respiratory care of preterm infants. *Lancet.* 2017;389(10079):1649-1659.
 16. Askie LM, Darlow BA, Davis PG, Finer N, Stenson B, Vento M et al. Effects of targeting lower versus higher arterial oxygen saturations on death or disability in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;4:CD011190.
 17. Wellington G, Campbell AJ, Elder DE. Oximetry for preterm infants at neonatal discharge: What is current practice in New Zealand and Australia?. *J Paediatr Child Health.* 2016; 52 (3):333-7.
 18. Ministerio de Salud. Guía clínica de Displasia Broncopulmonar. Santiago:Minsal;2009.
 19. Poets CF, Stebbens VA, Alexander JR, Arrowsmith WA, Salfields SA, Southall DP. Oxygen saturation and breathing patterns in infancy. 2: Preterm infants at discharge from special care. *Arch Dis Child.* 1991; 66(5):574-578.
 20. Richard D, Poets CF, Neale S, Stebbens VA, Alexander JR, Southall DP. Arterial oxygen saturation in preterm neonates without respiratory failure. *J Pediatr.* 1993;123(6):963-8.
 21. Harigopal S, Satish HP, Taktak AF, Southern KW, Shaw NJ. Oxygen saturation profile in healthy preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2011; 96(5):F339-42.
 22. Rhein L, Simoneau T, Davis J, Correia C, Ferrari D, Monuteaux M et al. Reference values of nocturnal oxygenation for use in outpatient oxygen weaning protocols in premature infants. *Pediatr Pulmonol.* 2012;47(5):453-9.
 23. Shah PS, Hakak H, Mohamed A, Shah J, Young J, Kelly E. Oxygen saturation profiles in late-preterm and term infants: a prospective cohort study. *J Perinatol.* 2014; 34(12):917-20.
 24. Rath C, Kluckow M. Oxygen saturation profile of term equivalent extreme preterm infants at discharge – comparison with healthy term counterparts. *Acta Paediatr.* 2016; 105(3):e94-8.
 25. Cherian S, Morris I, Evans J, Kotecha S. Oxygen therapy in preterm infants. *Pediatr Respir Rev.* 2014 Jun;15(2):135-41.