

Saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso en recién nacidos clínicamente sanos a la altitud de la Ciudad de México (2240 m)

Carlos Antonio Tapia-Rombo,^{a*} María Guadalupe Isabel Rosales-Cervantes,^a Víctor Joel Saucedo-Zavala,^a Julio César Ballesteros-del Olmo,^a Luisa Sánchez-García^b e Isela Santos-Vera^b

^aServicio de Neonatología, Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza" Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE),

^bHospital de Ginecoobstetricia 3 UMAE, Centro Médico Nacional La Raza, Instituto Mexicano del Seguro Social, México D.F., México

Recibido en su versión modificada: 24 de agosto de 2007

Aceptado: 1 de febrero de 2008

RESUMEN

Antecedentes: La saturación periférica de oxígeno (SpO_2) es importante para monitorizar al recién nacido (RN) críticamente enfermo. Se llevó a cabo un estudio prolectivo, observacional, transversal y comparativo para determinar la SpO_2 por oximetría de pulso en RN de término y pretérmino clínicamente sanos a una altitud sobre el nivel del mar de 2240 m.

Métodos: Se estudiaron de enero a abril de 2004, 218 RN, 89 de término y 128 pretérmino. Se consideró zona de significancia a una $p < 0.05$.

Resultados: La SpO_2 más baja registrada fue de 88% y la máxima de 99%. Hubo diferencia de la SpO_2 entre los RN de término ($93.5 \pm 2\%$) y los pretérmino ($92.9 \pm 2\%$), con $p = 0.01$.

Conclusiones: La SpO_2 a la altitud de la Ciudad de México se encuentra en promedio menor respecto a la hallada a nivel del mar, pero en general con un mínimo y máximo similar a esa altitud. La SpO_2 para mantener a un RN críticamente enfermo con O_2 suplementario se sugiere debe de ser igual a lo ya conocido, entre 88 y 94 %, para evitar hipoxemia e hiperoxemia a la altitud estudiada.

Palabras clave:

Oximetría de pulso, recién nacido sano, recién nacido pretérmino, oxígeno, saturación periférica

SUMMARY

Background: Oxygen peripheral saturation (SpO_2) is crucial for an adequate management of critically-ill newborns infants (NB). The objective of the present study was to determine SpO_2 by pulse oxymetry among healthy term and preterm NBs at an altitude of 2240 m above sea level.

Methods: Observational, cross-sectional and comparative. 218 NBs were prospectively studied between January to April 2004. Eighty nine were term and 128 were preterm. Alpha levels were set at $p < 0.05$.

Results: The recorded lower value for SpO_2 was 88%, and the maximum was 99%. We observed a significant SpO_2 difference among the term NB ($93.5 \pm 2\%$) and preterm NBs ($92.9 \pm 2\%$), $p = 0.01$.

Conclusions: SpO_2 in Mexico City's altitude is on average lower when compared to that observed at sea level. In general with a minimum and maximum values found in our study the SpO_2 needed to maintain a critically sick NB with supplementary O_2 , is suggested. Values should be kept at between 88% and 94% to avoid hypoxemia and hyperoxemia.

Key words:

Pulse oximetry, healthy newborn, preterm newborn, oxygen, peripheral saturation

Introducción

La oximetría de pulso fue desarrollada en 1974 pero se introdujo en la práctica clínica 10 años después. Se basa en los principios fisiológicos de que la hemoglobina oxigenada y desoxigenada tiene diferente espectro de absorción.

La hemoglobina desoxigenada absorbe más luz en la banda roja (600 a 750 nm) y la oxigenada absorbe más luz en la banda infrarroja (850 a 1000 nm). La prueba del oxímetro emite luz a diferentes longitudes de onda, abarcando los dos

espectros mencionados, la cual se transmite a través de la piel y es medida por un fotodetector; de acuerdo con el radio de la absorbancia de la luz, se correlaciona con la proporción de hemoglobina saturada y desaturada en el tejido. Se considera que aproximadamente una saturación periférica de oxígeno (SpO_2) de 85% corresponde a una presión arterial de oxígeno (PaO_2) mayor de 50 mm Hg. Los valores mínimo y máximo normal de saturación medida por oximetría de pulso durante la respiración regular de los recién nacidos (RN) de término a nivel del mar son de 97 a 100%, y en los RN pretérmino de 95 a 100%.¹

*Correspondencia y solicitud de sobretiros: Carlos Antonio Tapia-Rombo. Servicio de Neonatología, Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza", Centro Médico Nacional La Raza, octavo piso C, Vallejo y Jacarandas s/n, Col. La Raza, 02990 México D.F., México. Tel.: (55) 5782 1088, extensiones 23505, 23506 y 23507. Fax: (55) 5352 1178. Correo electrónico: tapiachar@yahoo.com.mx

La confiabilidad del oxímetro de pulso de acuerdo con diferentes estudios ha mostrado una sensibilidad de 100% aunque una especificidad baja, ambas para detectar PaO_2 mayor de 90 mm Hg.² Algunos autores han encontrado que la hiperoxemia (definida como $\text{PaO}_2 > 80$ mm Hg) se detectó en 95% de las mediciones de pacientes pediátricos con SpO_2 de 95%, de éstos, 11 eran pretérmino con patología relacionada a su prematuridad, y en todos la PaO_2 estaba por arriba de 60 mm Hg, es decir, no hubo episodios de hipoxemia.³ En un consenso del Comité de Estudios de la SAP para el control de SpO_2 óptima en prematuros con O_2 suplementario en las primeras ocho semanas de vida extrauterina, se recomienda una SpO_2 de 88 a 92% en prematuros menores de 32 semanas de edad gestacional o menores de 1200 g de peso; de 88 a 94% en niños mayores de 1200 g de peso o mayores de 32 semanas; y de hasta 93% en niños con displasia broncopulmonar.⁴

Cuando la SpO_2 es mayor de 94% se pierde la correlación con el valor de la PaO_2 , ya que ésta puede oscilar entre 80 y 400 mm Hg.⁴ En lactantes con displasia broncopulmonar de 30 días a ocho meses de edad con O_2 suplementario y con SpO_2 hasta de 95% no se observó hiperoxemia.⁵

Valores de PaO_2 menores de 45 a 50 mm Hg están relacionados con vasoconstricción directa del lecho pulmonar y vasodilatación del ducto arterioso; por otro lado, valores de PaO_2 mayores de 100 mm Hg se han relacionado con daño vascular retiniano y otras formas de toxicidad por el oxígeno, por lo que se considera importante el monitoreo de este dato mediante un método no agresivo, como la SpO_2 medida con el oxímetro de pulso. Algunos autores han correlacionado los valores así obtenidos con la saturación por punción, encontrando que una SpO_2 de 89 a 95% traduce valores de PaO_2 entre 45 mm Hg a 100 mm Hg a nivel del mar.⁶

O'Brien y colaboradores encontraron en el año 2000 que la SpO_2 media en las primeras 24 horas de vida era de 98.3%, con un mínimo de 88.7% y un máximo de 100%, concluyendo que es semejante a la encontrada en el primer mes de vida.⁷

Brockway y Hay comunicaron en 1998 que la oximetría de pulso es un método útil para predecir los niveles de PaO_2 , después de estudiar 22 RN con edades gestacionales entre 26 y 40 semanas, de los cuales 17 estaban con asistencia mecánica a la ventilación por síndrome de dificultad respiratoria (SDR) principalmente, considerando que se debe mantener una SpO_2 entre 90 y 98% con dicho oxímetro.⁸

En el año 2000, Levesque y colaboradores determinaron la SpO_2 en un grupo de 780 RN sanos, siendo el promedio de 97.2%; encontraron que esta cifra se incrementa durante el sueño y disminuye con el llanto y la actividad.⁹ Poets, en una revisión de la literatura, halló como valores de referencia normales una SpO_2 en RN de término y pretérmino entre 93 y 97% dependiendo de la edad.¹⁰

En los niños RN pretérmino sanos se puede considerar como normal una saturación de 88.7% a 100% sin oxígeno suplementario.¹¹

Entre los estudios donde se mide la SpO_2 por oximetría de pulso a alturas mayores que al nivel del mar está el de Saleu y colaboradores, en Nueva Guinea, a una altitud de 1584 metros, quienes examinaron a 302 niños sanos meno-

res de tres meses, encontrando una SpO_2 media de 96%, sin embargo también identificaron que la saturación fue significativamente más baja durante el primer mes de vida con valores menores a 92%.¹² González y colaboradores,¹³ en Perú, compararon las SpO_2 por oxímetro de pulso desde el primer minuto de vida extrauterina hasta las primeras 24 horas en dos altitudes diferentes (150 metros sobre el nivel del mar y a 4340 metros), encontrando que desde los 30 minutos en adelante ya se mantenía estable la SpO_2 en ambos grupos de RN de término estudiados, pero con diferencia significativamente mayor a la identificada a nivel del mar ($91.1\% \pm 0.5$ contra $87.5\% \pm 1.19$).

A nivel de la Ciudad de México se han realizado dos estudios por medio de gasometría arterial (punción arterial): uno en RN sanos de término, en los primeros días de vida extrauterina, encontrando que la saturación de oxígeno central osciló entre 86 y 96.5%, con un promedio de 92.3%.¹⁴ El otro (de Tapia y colaboradores) fue realizado en 47 RN, tanto de término como pretérmino, cuatro con hiperbilirrubinemia, dos con antecedente de SDR leve, uno con enterocolitis necrosante estadio IIA, uno con conjuntivitis y otro con síndrome Down sin cardiopatía; el resto era sano. La gasometría mostró un mínimo de 83.4% y un máximo de 95.2%, con un promedio de $90.5 \pm 2.7\%$; en ese estudio dos casos se desaturaron probablemente por llanto sostenido, los demás estaban por arriba de 50 mm Hg de PaO_2 y con saturaciones por arriba de la más baja mencionada previamente.¹⁵

En la literatura no existen investigaciones que midan la SpO_2 por oximetría de pulso en RN de término y pretérmino clínicamente sanos a una altitud similar a la de la Ciudad de México. Cuando se requiere, manejamos valores obtenidos en su mayoría a nivel del mar; tampoco tenemos valores de referencia, sobre todo mínimos aceptables a este nivel, de ahí la necesidad de disponer de ellos para precisar mejor el manejo de RN críticamente enfermos, tanto de término como pretérmino.

Nuestra hipótesis de trabajo fue que la SpO_2 a nivel de la Ciudad de México era menor, tanto en los valores mínimos como máximos aceptados a nivel del mar, y que los valores de ella entre el RN de término y pretérmino eran similares. El objetivo de este estudio fue determinar la SpO_2 de los RN de término y pretérmino clínicamente sanos de los cuneros del Hospital de Ginecología y Obstetricia 3 del Centro Médico Nacional La Raza, para conocer las cifras promedio a la altitud de la Ciudad de México (2240 metros sobre el nivel del mar) después de las primeras 24 horas de vida extrauterina y hasta los primeros siete días.

Material y métodos

Se realizó un estudio prolectivo, observacional, transversal y comparativo donde se estudiaron 218 RN de enero a abril de 2004, del Hospital de Ginecología y Obstetricia 3; 89 fueron de término y 129 pretérmino, de acuerdo con los criterios de inclusión, siendo 123 del sexo femenino y 95 del sexo masculino. A cada paciente se le realizó exploración clínica completa incluyendo inspección general, revisión de fontanelas, ojos,

labios y paladar, cuello, amplitud de movimientos respiratorios, auscultación del área cardíaca y pulmonar; se buscaron visceromegalias y datos clínicos de malformaciones mayores o menores; así mismo, se corroboró la edad gestacional a través de la valoración de Ballard¹⁶ emitida en el expediente (solo en los primeros cuatro días de vida extrauterina).

Los criterios de inclusión fueron RN de más de 24 horas hasta siete días de vida extrauterina, con edad gestacional de 28 a 42 semanas, sin necesidad de O₂ suplementario, clínicamente sanos; aceptación de uno de los padres o representante legal para que el RN ingresara al estudio. Los criterios de exclusión fueron patología pulmonar, infecciosa, gastrointestinal, cardiopatía, error innato del metabolismo, síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, cianosis central o periférica, o cualquier otra situación que dejara al RN fuera del rubro de "clínicamente sano".

Metodología

La saturación de oxígeno se midió colocando un saturómetro tipo 53050-SN 12028917, Internal Electrical CE 0123, cuyo sensor similar a una pinza se colocó en el pie izquierdo del RN por espacio de un minuto, dejando la parte del sensor de luz sobre la planta del pie y la otra sobre el dorso; la medición se repitió a los cinco y 10 minutos para obtener un promedio, estando el RN en reposo, una hora posterior a la alimentación o al baño. Las mediciones de la SpO₂ se efectuaron cinco minutos posteriores a la toma de los signos vitales y se llevaron a cabo bajo la luz artificial propia de los cuneros, los cuales disponen además con una ventana por la cual llega luz natural.

En las mismas condiciones se midieron la frecuencia cardíaca colocando un estetoscopio neonatal marca Littmann® Pediatric sobre el precordio del RN, por espacio de un minuto; la frecuencia respiratoria por observación directa durante un minuto; y la temperatura rectal introduciendo un termómetro de mercurio previamente lubricado con aceite de bebé a una distancia de 1 a 1.5 cm desde el ano hasta el recto, durante tres minutos. La información se registró en una hoja especial de recolección de datos.

En el hospital referido nacen aproximadamente 4700 RN al año, de los cuales 2800 son de término y otros 1900 son pretérmino; de los primeros, 1120 (40 %) tienen alguna patología, con falla de uno o más órganos. Aproximadamente 950 pacientes prematuros (50% de los RN pretérmino) también tienen patologías respiratorias, infecciosas, metabólicas, etcétera, hasta falla de uno o más órganos. De lo anterior se desprende que anualmente se cuenta con una cantidad aproximada de 1680 RN de término sanos clínicamente y 950 de RN pretérmino. Por mes nacen unos 140 RN de término y 79 pretérmino en el mismo lapso. De lo anterior se deduce que en cuatro meses la muestra total aproximada de los RN de término a los que se pudo tener acceso fue de 560 pacientes, y en el caso de los pretérmino de 316. Prácticamente en esos nacimientos no hubo pacientes postérmino.

El tamaño de la muestra se obtuvo de acuerdo a Young¹⁷ para variables continuas, tomando en cuenta un nivel alfa de dos colas de 0.05, un nivel beta de 0.20 y la desviación estándar

de 2.7 % de acuerdo a los resultados de un trabajo previo,¹⁵ lo que resultó en un total de 89 pacientes por lo menos en cada grupo. El muestreo fue sistemático, es decir, se incluyeron los pacientes conforme fueron ingresando al servicio.

Se usó estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, moda, mediana) e inferencial mediante *t* de Student para muestras independientes; cuando la población no tenía una distribución normal, la U de Mann-Whitney. Se consideró zona de significancia cuando la *p* era <0.05. Para el análisis de los resultados se utilizó el programa estadístico SPSS versión 14.0.

Resultados

Las características de la población estudiada se pueden apreciar en el cuadro I, donde se observa que el promedio de la edad gestacional fue menor de 37 semanas, es decir, dentro del rango de prematuros porque gran parte de la población correspondió a ese grupo de pacientes, sin embargo, otra parte estuvo constituida por RN de término; el total de la muestra fue de 218 pacientes. El promedio de la edad gestacional del grupo de término fue de 38.4±1.1 semanas, con una mediana de 38 semanas; el peso al momento de la toma de las SpO₂ fue de 2866±572.3 g, con una mediana de 2962.5 g. En los RN pretérmino el promedio de la edad gestacional fue de 33.±1.8 semanas, y la mediana de 33 semanas; el promedio del peso fue de 1776±480 g, con una mediana de 1750 g.

En todas las variables hubo diferencia significativa entre los dos grupos, con *p*<0.0001. La mediana de la vida

Cuadro I. Características de la población estudiada (n=218)

Parámetro estudiado	Valores obtenidos
Edad extrauterina (días)	
Mediana	3
Mínimo-máximo	1-7
Moda	2
Edad gestacional (semanas)	
Promedio±DE	35.4±3
Mínimo-máximo	29-41
Moda	33, 38
Peso al nacimiento (gramos)	
Promedio±DE	2237.1±742.2
Mínimo-máximo	975-4250
Moda	2000, 3000
Apgar 1 minuto	
Mediana	8
Mínimo-máximo	5-9
Moda	8
Apgar 5 minutos	
Mediana	9
Mínimo-máximo	7-9
Moda	9

DE=desviación estándar.

Cuadro II. Valor de la saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso (SpO₂) obtenida en diferentes momentos a la población estudiada (n=218)

Parámetro estudiado	Valores obtenidos
SpO ₂ a los 0* minutos (%)	
Promedio±DE	93.1±2.0
Mínimo-máximo	89-99
Moda	94
Mediana	93
SpO ₂ a los 5 minutos (%)	
Promedio±DE	93±2.1
Mínimo-máximo	88-99
Moda	93
Mediana	93
SpO ₂ a los 10 minutos (%)	
Promedio±DE	93.1±2.2
Mínimo-máximo	88-98
Moda	93
Mediana	93
SpO ₂ promedio de los valores obtenidos (%)	
Promedio±DE	93.1±2.0
Mínimo-máximo	88.7-98.3
Moda	93
Mediana	93

*0 minutos=es la primera saturación obtenida al momento del estudio
DE=desviación estándar

extrauterina de los RN de término fue de 2.5 días y en los pretérmino de tres días, con una U de 8395 y una diferencia significativa a favor de los pretérmino, con $p < 0.001$. En relación a los RN de término, 86 (96.6%) estaban dentro de los primeros cuatro días de vida extrauterina, y tres (3.4 %) de los cinco a siete días debido a que sus madres no habían sido egresadas por complicación infecciosa poscesárea, sin que ellos se vieran afectados.

Cuadro III. Valor de los signos vitales obtenidos previos a la medición de la saturación periférica de oxígeno (SpO₂) en la población estudiada (n=218)

Parámetro estudiado	Valores obtenidos
Frecuencia cardiaca por minuto	
Promedio±DE	143.4±8.7
Mínimo-máximo	122-158
Moda	146
Frecuencia respiratoria por minuto	
Promedio±DE	48.3±4.4
Mínimo-máximo	40-58
Moda	48, 52
Temperatura rectal (°C)	
Promedio±DE	36.9±0.2
Mínimo-máximo	36.4-37.4
Moda	36.8

DE=desviación estándar

Dentro de los RN pretérmino, 115 (79.3 %) estaban dentro de los primeros cuatro días de vida extrauterina, y 14 (20.7%) después de esa edad porque no alcanzaban el peso adecuado para su alta.

Los valores de la SpO₂ se pueden observar en el cuadro II, donde se aprecia que la cifra más baja en las diferentes mediciones fue hasta de 88%, obteniendo saturaciones máximas de 99%.

En el cuadro III se puede ver que en todos los pacientes los signos vitales se encontraron normales, lo cual se debe a que solo se incluyeron RN sanos.

En el cuadro IV se aprecia que la SpO₂ entre los RN de término y los pretérmino mostró diferencia significativa, con un valor de $p=0.01$ a favor de los primeros.

Discusión

En este estudio de RN en los primeros siete días de vida extrauterina pero mayor de 24 horas, sanos, se encontró SpO₂ mínima por oximetría de pulso de 88% y máxima de 99%, que no concuerda con los valores obtenidos a nivel del mar durante la respiración regular en niños RN de término, que oscila entre 97 y 100%, ni con la de pretérminos, de 95 a 100%.¹ Aunque algunos autores^{7,11} han encontrado cifras mínimas y máximas de SpO₂ a nivel de mar similares a las nuestras, no así en los promedios que son más elevados que los identificados en este estudio. Se sabe que en la Ciudad de México la presión barométrica es de 580 mm de Hg (unidades Torr), a diferencia de la del nivel del mar, de 760 mm Hg (unidades Torr); la presión alveolar de O₂ (PA O₂) es de 78 y en sangre arterial de 68 mm Hg, menores respecto a las obtenidas en las personas a nivel del mar (105 y 95 mm Hg respectivamente).¹⁸ Por ello, la SpO₂ se espera un poco más baja a la altitud de la Ciudad de México que en otras menores y mayor que en altitudes más elevadas.¹³

Por el tipo de población que se recibe y egresa del Hospital de Ginecoobstetricia 3, la mayoría de los RN de término sanos son dados de alta en las primeras 48 a 96 horas de vida extrauterina, y los RN pretérmino hasta que alcanzan alrededor de 1800 g de peso, lo que hace que muchos permanezcan por más tiempo en los cuneros; esto dio la oportunidad de la exploración de la SpO₂ en ese lapso con el O₂ al medio ambiente (21% o 0.21).

Cuadro IV. Comparación de la saturación periférica de oxígeno (SpO₂) promedio entre los RN de término y los pretérmino

	RN de término (n=89)	RN pretérmino (n=129)	p*
Promedio±DE	93.5±2.0	92.9±2.0	0.01
Mínimo-máximo	88.7-98.3	89-97.7	
Moda	93	93	

* t de Student para muestras independientes
DE=desviación estándar

Los hallazgos de O'Brien y colaboradores en el año 2000 tienen gran similitud con nuestros resultados, tomando en cuenta que la mayor parte de los RN estaba en los primeros días de vida extrauterina ya que la SpO_2 promedio en las primeras 24 horas de vida encontrada por ellos fue de 98.3%, con un mínimo de 88.7% y un máximo de 100%, concluyendo que era similar a la encontrada en el primer mes de vida,⁷ a pesar de que ese estudio fue realizado a nivel del mar y el nuestro a una altitud de 2240 m.

Nuestras cifras también son similares a las registradas por Brockway y Hay en 1998, al considerar que se debe mantener una SpO_2 entre 90 y 98% en los neonatos,⁸ aunque en dos de nuestros pacientes se encontró una SpO_2 de 88% como mínima. En ese estudio, los pacientes estaban con O_2 suplementario por diferentes patologías respiratorias y muchos con asistencia mecánica a la ventilación, sin embargo, con el oxímetro utilizado se demostró que los niveles mencionados eran de seguridad. Esa investigación difiere de lo encontrado en el consenso del Comité de Estudios de la SAP, donde se recomiendan SpO_2 más bajas.⁴ Por otro lado, es importante mencionar que los RN pretérmino tienen más cantidad de hemoglobina fetal que los de término, la cual muestra mayor afinidad por el O_2 , sin embargo, unos y otros presentan buena capacidad de adaptación al medio ambiente¹⁹⁻²² y la anemia fisiológica está presente a partir del primer mes de vida extrauterina pero es de mayor intensidad en los pretérmino,²³ por lo que esa situación no pudo haber intervenido en los pacientes estudiados, que estaban en los primeros días de vida extrauterina.

Dos de nuestros pacientes clínicamente sanos con SpO_2 mínima de 88 % y máxima en algún momento de 91% en uno y de 89 % en otro, uno pretérmino y otro de término, ambos con dos días de vida extrauterina, en ningún momento requirieron la administración de O_2 dado que no presentaban cianosis ni palidez; tampoco encontramos alteración clínica al momento de las mediciones de la SpO_2 ni hasta sus egresos del hospital, probablemente porque hubo una rápida adaptación a una altitud de más de 2000 m sobre el nivel del mar. En estos pacientes no medimos la presión pulmonar porque el diseño del estudio no consideraba este aspecto.

En el estudio de Gonzáles y colaboradores,¹³ la medición de la SpO_2 en dos altitudes diferentes fue desde el primer minuto de vida extrauterina hasta las primeras 24 horas, únicamente en RN de término, alcanzando su meseta a partir de los primeros 30 minutos de su primera respiración, momento a partir del cual se estabilizó el valor de la SpO_2 ; a diferencia del presente trabajo, en que las mediciones se hicieron después de las primeras 24 horas de vida extrauterina hasta los primeros siete días de vida, esperando que todas fueran el reflejo de una SpO_2 estable porque es conocido que los RN se adaptan en gran parte al medio ambiente después de las primeras 24 horas de vida extrauterina.²⁴ Sin embargo, también se sabe que la hemoglobina fetal desempeña un papel importante para que se alcance esa SpO_2 dado que tiene mayor afinidad por el O_2 , desviando la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda, lo que hace que exista menor liberación de dicho gas a los tejidos, pero esto a su vez origina una SpO_2 mayor. Esta situación cambia

al paso de los meses al aumentar paulatinamente los niveles de hemoglobina A (adulto).^{19,25} A pesar de esos ajustes fisiológicos, en el estudio de Gonzáles los pacientes que se encontraban a mayor altitud (4340 m) tuvieron un promedio mucho menor que el obtenido por nosotros. Otra diferencia fue que nosotros también incluimos a RN pretérmino.

A la altitud de la Ciudad de México, los dos estudios previos ya mencionados^{14,15} tuvieron valores parecidos a los obtenidos en este trabajo, lo que era esperado ya que fueron realizados a la misma altitud; aunque es conocido que durante la punción arterial (cuando no hay línea arterial) los pacientes por el dolor pueden presentar desaturación con mayor facilidad. Cabe mencionar que nosotros tomamos las mediciones a RN sanos en tres momentos diferentes pero consecutivos, encontrando valor mínimo de 88% y máximo de 99% en las diferentes tomas. Cuando se compararon las saturaciones obtenidas entre los RN de término y pretérmino, hubo una diferencia estadísticamente significativa no así clínicamente, porque para fines prácticos valores alrededor de 92 y 93% son similares y ambos son aceptados como normales.

Aunque no usamos la ecografía para descartar hipertensión pulmonar, clínicamente los pacientes no la presentaban porque no tenían cianosis central ni periférica y el segundo ruido en foco pulmonar era de timbre normal.

Es interesante comentar que nuestro estudio se realizó sin O_2 suplementario a una altitud de 2240 metros en RN tanto de término como pretérmino, clínicamente sanos, en quienes la SpO_2 máxima fue muy cercana a 100% en muchos, pero con un promedio menor al conocido, sin embargo, en el manejo del RN críticamente enfermo pretérmino ya con O_2 suplementario de acuerdo a nuestros resultados y a lo ya aceptado,^{3,4} la SpO_2 debe oscilar entre 88 y 94% ya que después de ese valor máximo se pierde la correlación respecto a la PaO_2 obtenida por punción arterial.⁴ Igualmente en el RN de término críticamente enfermo con O_2 suplementario debe manejarse un mínimo de SpO_2 de 88% y un máximo de 94%; ambos niveles aceptados como mínimo y máximo en la literatura para manejo con O_2 suplementario del RN críticamente enfermo, de esta manera se evita la hipoxemia e hiperoxemia, respectivamente.

Lo más importante de este trabajo era determinar la SpO_2 en RN después de las 24 horas primeras de vida extrauterina hasta el día siete, para conocer los valores de referencia a nuestra altitud.

Nuestra hipótesis de trabajo se apoyó parcialmente en que el promedio de la SpO_2 efectivamente era menor respecto a lo publicado a nivel del mar en la literatura mundial, aunque los mínimos y máximos fueron similares. Por otro lado, no se apoyó encontrar diferencia estadística entre los RN de término y pretérmino, pero, como ya se mencionó, para fines clínicos son valores similares.

Concluimos que la SpO_2 de acuerdo a lo informado en la literatura mundial, en realidad no sufre variaciones importantes en cuanto a los valores mínimos y máximos se refiere, pero se encuentra una SpO_2 promedio menor a la altitud de la Ciudad de México y superior que a altitudes mayores.¹³

Consideramos que para RN de término y pretérmino clínicamente sanos, sin aporte suplementario de oxígeno,

de las 24 horas de vida extrauterina hasta los primeros siete días de edad, la SpO₂ normal medida por oximetría de pulso a una altitud de 2240 m sobre el nivel del mar va de 88 a 99%, con un promedio entre 92 y 93%, y en el RN pretérmino a la misma altitud pero con O₂ suplementario, de 88 a 92% y hasta 94% de SpO₂; y en el RN de término igualmente de 88 a 94% de SpO₂, para evitar hipoxemia e hiperoxemia. Sin embargo, habrá que valorar clínicamente y en forma individual a cada paciente.

Referencias

1. **Poets CF, Southall PD.** Noninvasive monitoring of oxygenation in infants and children: practical considerations and areas of concern. *Pediatrics* 1994;93:737-746.
2. **Hans-Ulrich Bucher, Fanconi D, Baeckert P, Duc G.** Hyperoxemia in newborn infants: detection by pulse oximetry. *Padiatrics* 1989;84:226-230.
3. **Poets CF, Wilken M, Seindenberg J, Southall DP, Vonder Hardt H.** Reliability of a pulse oximeter in the detection of hyperoxemia. *J Pediatr* 1993;122:87-90.
4. **Goldsmid G, Bellani P, Giudice L, et al.** Recomendaciones para el control de la saturación de oxígeno óptima en prematuros. *Arch Argent Pediatr* 2004;102:308-311.
5. **Solimano AJ, Smyth JA, Mann TK, Albersheim SG; Lockitch G.** Pulse oximetry advantages in infants with bronchopulmonary dysplasia. *Pediatrics* 1986;78:844-849.
6. **Hay WW, Brockway JM, Eyzaguirre M.** Neonatal pulse oximetry: Accuracy and reliability. *Pediatrics* 1989;83:717-722.
7. **O'Brien LM, Stebbens VA, Poets CF, et al.** Oxygen saturation during the first 24 hours life. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2000;83:F35-F38.
8. **Brockway J, Hay WW Jr.** Prediction of arterial partial pressure of oxygen with pulse oxygen saturation measurements. *J Pediatr* 1998;133:63-66.
9. **Levesque BM, Pollack P, Griffin BE, Nielsen HC.** Pulse oximetry: What's normal in the newborn nursery? *Pediatr Pulmonol* 2000;30:406-412.
10. **Poets CF.** When do infants need additional inspired oxygen? A review of the current literature. *Pediatr Pulmonol* 1998;26:424-428.
11. **Poets CF, Stebbens VA, Alexander JR, Arrowsmith WA, Salfield SA, Southau DP.** Arterial oxygen saturation in preterm infants at discharge from the hospital and six weeks later. *J Pediatr* 1992;120:447-454.
12. **Saleu G, Lupiwa S, Javati A, Namvigi P, Lehmann D.** Arterial oxygen saturation in healthy young infants in the highlands of Papua New Guinea. *PNG Med J* 1999;42:90-93.
13. **Gonzales GF, Salirrosas A.** Arterial oxygen saturation in healthy newborns delivered at term in Cerro de Pasco (4340 m) and Lima (150 m). *Reprod Biol Endocrinol* 2005;3:46.
14. **Jasso L.** Fisiología del recién nacido. En: Jasso L, ed. *Neonatología práctica*. 6ª edición. México: El Manual Moderno; 2005. pp. 73-100.
15. **Tapia-Rombo CA, Munayer-Calderón J, Salazar-Acuña AH, Alvarez-Vazquez E, de los Santos-Soriano H, et al.** Hemodynamic indexes in newborns using arteriovenous oxygen content difference. *Rev Invest Clin* 1998;50:191-196.
16. **Ballard JL, Khoury JC, Wedig K.** New Ballard Score expanded to include extremely premature infants. *J Pediatr* 1991;119:417-423.
17. **Young MJ, Bresnitz EA, Strom BL.** Sample size nomograms for interpreting negative clinical studies. *Ann Intern Med* 1983;99:248-251.
18. **Noguez PFJ.** La insuficiencia respiratoria en la sala de cuidados intensivos. En: M. Arellano, ed. *Cuidados intensivos en pediatría*. 2a. edición. México: Nueva Editorial Interamericana; 1981. pp. 43-96.
19. **Tapia-Rombo CA, Rodríguez-Jiménez G, Saucedo-Zavala VJ, Cuevas-Uróstegui ML.** Comparison of available oxygen before and after red blood cell transfusion in critically-ill premature newborns infants of 28-36 weeks gestational age, to asses its possible usefulness in clinical practice. *Rev Invest Clin* 2004;56:737-747.
20. **Cohen A, Manno C.** Transfusion practices in infants receiving assisted ventilation. *Clin Perinatol* 1998;25:97-111.
21. **Ranney HM, Rapaport SI.** El eritrocito. En: West JB, ed. *Bases fisiológicas de la práctica médica*. 12a. edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1993. pp. 454-473.
22. **Guyton. AC, Hall JE.** Transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales. En: Guyton, ed. *Tratado de fisiología médica*. 10a. edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 2000. pp. 561-573.
23. **Stockman JA.** Anemia of prematurity. Current concepts in the issue of when to transfuse. *Pediatr Clin North Am* 1986;33:111-128. (Review).
24. **Caldeyro-Barcia R, Duhagon P.** Circulación fetal y adaptación posnatal del sistema circulatorio. En: Sánchez PA, ed. *Cardiología pediátrica, clínica y cirugía*. Barcelona: Salvat Editores; 1986. pp. 76-87.
25. **Wardrop CAJ, Holland BM, Veale KEA, Jones JG, Gray OP.** Nonphysiological anemia of prematurity. *Arch Dis Child* 1978;53:855-860.