

## Monitorización continua nocturna de saturación arterial de oxígeno en pacientes pediátricos con sospecha de hipoxemia

Cecilia Alvarez G.<sup>1</sup>, Pablo Bertrand N.<sup>1</sup>,  
Eugenia Campos M<sup>2</sup>., Ignacio Sánchez D.<sup>1</sup>

### Resumen

La monitorización de la saturación arterial de oxígeno ( $\text{SaO}_2$ ) es utilizada en la detección de hipoxemia en pacientes con daño pulmonar crónico; una medición única diurna (MUD) puede subestimar la presencia de hipoxemia durante el sueño y la alimentación. Describimos los resultados de los estudios de  $\text{SaO}_2$  con medición continua nocturna (MCN) realizados entre agosto de 1993 y noviembre de 1998, y evaluamos la sensibilidad y especificidad de una MUD y MCN en la detección de hipoxemias. Se realizaron 290 MCN, en 167 pacientes, utilizando un oxímetro de pulso Ohmeda Biox 3700, con almacenamiento automático de 8 horas de señal de  $\text{SaO}_2$  y frecuencia cardíaca. Las indicaciones del estudio fueron por sospecha de hipoxemia (SH) en 243 estudios (83,8%) (130 pacientes: 103 con displasia broncopulmonar (DBP), 66 con daño pulmonar crónico (DPC), 24 con cardiopatía congénita) y por sospecha de apnea (SA) durante el sueño en 47 casos (16,2%). 42,5% de los exámenes fueron realizados en menores de 6 meses, y se observó una edad significativamente mayor en SA que en SH (mediana 42 vs 7 meses, respectivamente;  $p < 0,01$  Mann-Whitney). De los 167 pacientes, 53,3% eran hombres y siendo la diferencia significativa solo en el grupo SH con DBP (61%) vs SH con DPC. En 45,5% de los pacientes se realizó más de un estudio, correspondiendo 93% a pacientes de SH. Se encontraban con oxigenoterapia 44,5% de los pacientes, de estos 42,1% tenían DBP y 29,7% DPC. En 28 estudios se comparó una MUD con MCN de 8 horas, 18 SH con DBP y 10 SH con DPC, encontrando una  $\text{SaO}_2$  por MUD de  $92,2 \pm 2,3\%$  y  $94,1 \pm 1,9\%$ , respectivamente, y por MCN una  $\text{SaO}_2 < 90\%$  en 23,5% y 27,7% del tiempo del estudio, respectivamente. La MUD para indicación de oxigenoterapia mostró una sensibilidad de 15,5% y especificidad de 100%, al considerar positiva la indicación con  $> 10\%$  del tiempo del estudio MCN con  $\text{SaO}_2 < 90\%$ . Concluimos que la medición única diurna de  $\text{SaO}_2$  subestima los episodios de hipoxemia, por lo que recomendamos la monitorización continua nocturna de la  $\text{SaO}_2$  para la evaluación de hipoxemia y manejo de oxigenoterapia, en pacientes con sospecha de hipoxemia. (**Palabras clave:** oxigenoterapia, saturación de oxígeno, hipoxemia, apnea.)

### Continuous nocturnal monitoring of arterial oxygen saturation in paediatric patients with suspected hypoxia

*The monitoring of arterial oxygen saturation ( $\text{SaO}_2$ ) is used in detecting hypoxia in patients with chronic pulmonary disease. A single daily measurement (SDM) may underestimate the presence of hypoxia during sleep or feeding. We present the results of a study using continuous nocturnal measurements (CNM) of  $\text{SaO}_2$  carried out between august 1993 and november 1998 to evaluate the sensitivity and specificity of SDM and CNM in the detection of hypoxia. 290 CNM were performed*

1. Médicos. Sección Respiratorio Pediátrico, Departamento de Pediatría. Pontificia Universidad Católica de Chile.
2. Enfermera Universitaria. Sección Respiratorio Pediátrico, Departamento de Pediatría. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Trabajo recibido el 3 de julio de 2000, devuelto para corregir el 14 de septiembre de 2000, segunda versión el 11 de diciembre de 2000, aceptado para publicación el 15 de marzo de 2001.

*in 167 patients using a pulse oximeter Ohmeda Biox 3700 with an 8 hour automatic storage of SaO<sub>2</sub> and cardiac frequency. Indications for inclusion in the study were suspicion of hypoxia (SH) in 243 studies (83.8%) in 130 patients; 103 with bronchopulmonar dysplasia (BPD), 66 with chronic pulmonary disease (CPD) and 24 with congenital cardiopathy (CC). Or for suspicion of sleep apnoea (SA) in 47 ( 16.2%) cases. 42.5% of the studies were in patients less than 6 months. Patients with SA were significantly older than those with SH ( 42 vs 7 months respectively,  $p < 0.01$  Mann-Whitney). Of the 167 patients 53.3% were male, between groups this was only significant in the group SH with BPD (61%) vs SH with CPD. In 45.5% of patients more than one study was carried out, corresponding to 93% of patients with SH. 44.5% of patients were receiving oxygen therapy, of these 42.1% had BPD and 29.7% CPD. In 28 studies SDM was compared with CNM, 18 SH with BPD and 10 SH with CPD. Results for SDM were  $92.2 \pm 2.3\%$  and  $94.1 \pm 1.9\%$  respectively and for CNM  $< 90\%$  in 23.5% and 27.7% of the study time of 8 hours. SDM as indication for oxygen therapy had a sensitivity of 15.5% and a specificity of 100%. For CNM we considered a positive indication for oxygen therapy to be  $>10\%$  of the study time with a SaO<sub>2</sub> of  $< 90\%$ .*

*We conclude that SDM of SaO<sub>2</sub> underestimates hypoxic episodes and we recommend the use of CNM of SaO<sub>2</sub> for the evaluation of hypoxia and management of oxygen therapy in patients with suspected hypoxia.*

*(Key words: oxygen therapy, oxygen saturation, hipoxia, apnoea.)*

## INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de las unidades de cuidado neonatal e intensivo pediátrico se ha observado en los últimos años un aumento significativo en la sobrevida de niños con enfermedades pulmonares crónicas dependientes de oxigenoterapia por períodos variables de tiempo. Esto ha llevado a desarrollar programas de oxigenoterapia domiciliaria con buenos resultados<sup>1, 2</sup>.

Para la evaluación de la hipoxemia y el manejo de oxigenoterapia se utilizan técnicas no invasivas que miden tensión arterial de oxígeno y saturación arterial de oxígeno, siendo la oximetría de pulso una de las técnicas más utilizadas<sup>3, 4</sup>. Numerosos estudios han demostrado la utilidad del oxímetro de pulso en lactantes y niños para la monitorización de la oxigenación a través de la saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>), objetivar hipoxemia en pacientes con daño pulmonar crónico y en el estudio de la apnea obstructiva del sueño<sup>5-9</sup>. Habitualmente en pacientes hospitalizados la evaluación de la hipoxemia y la necesidad de oxigenoterapia suplementaria se realiza por la medición de SaO<sub>2</sub> diurna única (MUD) o intermitente durante un intervalo de tiempo corto, obteniéndose un valor que en ocasiones puede subestimar la presencia de hipoxemia, principalmente durante el sueño y la alimentación, lo que ha sido demostrado por algunos autores<sup>10-12</sup>.

Los objetivos de nuestro trabajo fueron dar a conocer la experiencia de nuestro la-

boratorio utilizando la monitorización de SaO<sub>2</sub> continua nocturna de 8 horas en la evaluación de pacientes con sospecha de hipoxemia (SH) o apnea (SA) y en el seguimiento y manejo de pacientes crónicos con oxigenoterapia domiciliaria; así como comparar la sensibilidad, especificidad, de la SaO<sub>2</sub> medida en forma aislada diurna y continua nocturna de 8 h en un subgrupo de pacientes para objetivar la presencia de episodios de hipoxemia.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se revisaron en forma retrospectiva todos los exámenes de SaO<sub>2</sub> continua realizados en nuestro laboratorio desde agosto de 1993 a noviembre de 1998. Correspondieron a 290 exámenes realizados en 167 pacientes.

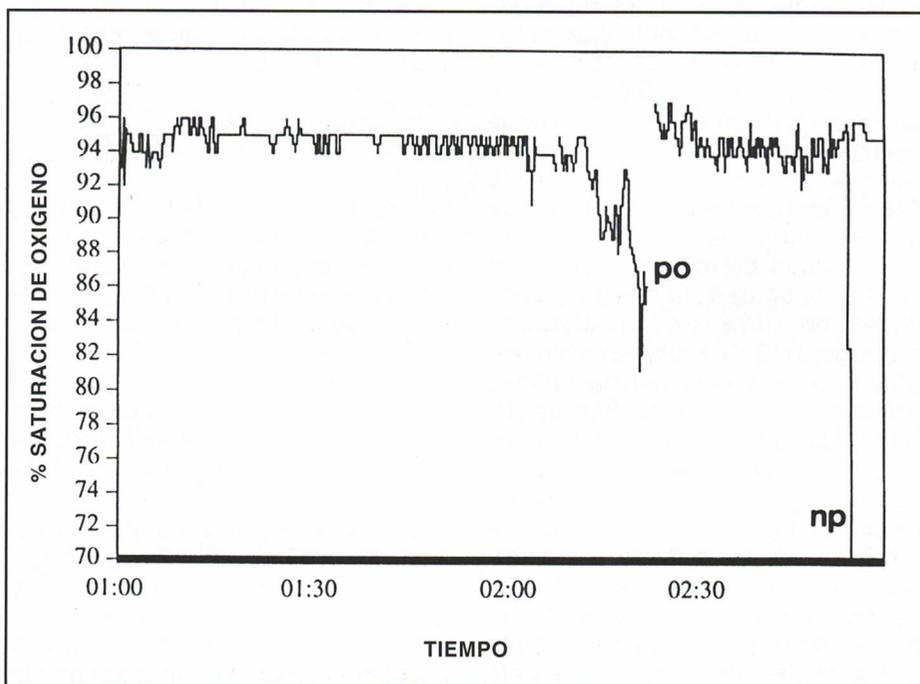
Para la medición de la SaO<sub>2</sub> se utilizó un oxímetro de pulso Ohmeda Biox 3700 (Boulder CO, USA), con interfase digital RS 232 y almacenamiento automático de 8 horas de señal de SaO<sub>2</sub> y frecuencia cardíaca. El sensor detecta una señal de SaO<sub>2</sub> y de frecuencia cardíaca cada 2 segundos, almacenando el valor más bajo de SaO<sub>2</sub> cada 12 segundos, es decir, 5 valores por minuto, con un total de 2 400 valores en 8 horas. El oxímetro muestra en pantalla una onda fotopletimográfica de la amplitud de la onda de pulso que se correlaciona con una medición confiable de la SaO<sub>2</sub>. El oxímetro no registra

la hora a la cual son almacenadas las señales, por lo que la hora de cada medición es definida retrospectivamente desde la hora de término del estudio indicada por el operador del examen. Junto con la monitorización de la  $\text{SaO}_2$  se realiza un registro escrito en forma horaria de la actividad realizada por el paciente: períodos de sueño, vigilia, alimentación, llanto, muda, etc., lo que permite correlacionarlos con episodios de desaturación o artefactos de movimiento del registro que determinen valores falsamente bajos de  $\text{SaO}_2$ .

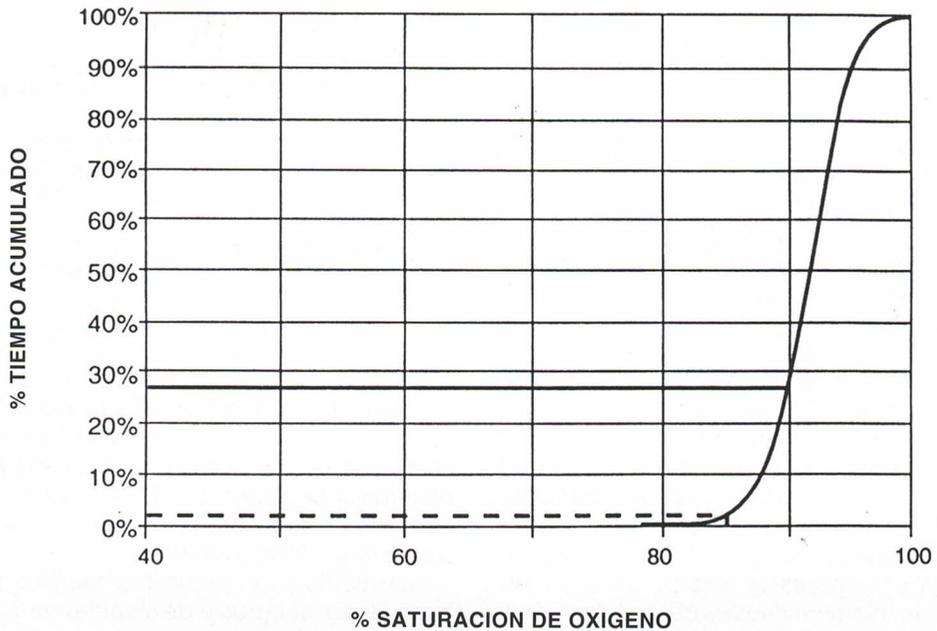
La transferencia y procesamiento de las mediciones de  $\text{SaO}_2$  se realiza por medio de un programa computacional especialmente diseñado, se analizan y grafican por medio del programa Lotus 123, obteniéndose 4 gráficos que corresponden al registro de la  $\text{SaO}_2$  durante intervalos de tiempo de 2 horas cada uno (figura 1); un gráfico que muestra la frecuencia relativa en % para cada valor de  $\text{SaO}_2$  y otro gráfico que muestra el % de tiempo acumulado del estudio para un valor determinado de  $\text{SaO}_2$ , destacando la proporción del tiempo del estudio en que la  $\text{SaO}_2$  se mantiene bajo 90% (figura 2).

El oxímetro detecta cuando el sensor del paciente está fuera del dedo (PO = *probe off*) y cuando está desconectado el oxímetro (NP = *no probe*), estos datos son reconocidos por el programa y las mediciones respectivas son excluidas del análisis (figura 1). Datos registrados de baja calidad de la señal (LQ) o medidos con transmisión de luz insuficiente (IL) son también codificados por el oxímetro, pero no son marcados en el registro.

Consideramos un registro normal sin evidencias de hipoxemia cuando la  $\text{SaO}_2$  promedio es de  $93 \pm 1\%$  con una  $\text{SaO}_2 \leq 90\%$  durante un tiempo acumulado menor o igual al 10% del tiempo total de estudio si está en correlación con eventos aislados o artefactos de medición. La onda pletismográfica de cada pulso permite una visualización de la calidad de la señal de pulso y de la  $\text{SaO}_2$ ; los artefactos de movimiento y por consiguiente valores erróneos en las mediciones de  $\text{SaO}_2$  se analizan en forma subjetiva observando la calidad del registro y correlacionándola con el informe escrito detallado de la actividad del paciente en ese momento.



**Figura 1:** Monitorización de  $\text{SaO}_2$  nocturna durante un intervalo de 2 horas. Interrupciones de la curva de registro ocurren cuando el sensor se desplaza del dedo del paciente (PO: *probe off*). Al desconectar el equipo, el registro de saturación desciende a 0 (NP: *no probe*).



**Figura 2:** Gráfico del tiempo de estudio acumulado (%) durante la noche en relación a la SaO<sub>2</sub> (%). Se muestra el porcentaje del tiempo del estudio en que la SaO<sub>2</sub> es menor a 90% (línea continua) y el % de tiempo en que la SaO<sub>2</sub> es menor a 85% (línea discontinua).

La presencia de apnea se evaluó observando el registro gráfico de la SaO<sub>2</sub>, considerando sugerente de apnea la presencia de episodios de desaturación de corta duración con recuperación espontánea a una basal de saturación normal, especialmente si estos se relacionaban a períodos de sueño con presencia de ronquido y se descartaban artefactos de movimiento. El programa computacional utilizado no registra episodios de apnea ni de bradicardia.

Se consignó en cada estudio la edad y sexo del paciente, la indicación del examen, patología de base y oxigenoterapia suplementaria. Se analizaron los resultados de los exámenes considerando SaO<sub>2</sub> promedio de 8 horas y porcentaje de tiempo acumulado del estudio en que la SaO<sub>2</sub> se mantuvo  $\leq$  90%. Solamente se analizó la presencia de apneas en los exámenes solicitados por sospecha de apnea obstructiva.

Para el análisis estadístico, tomando en cuenta que la muestra no sigue una distribución normal, se describió la distribución etaria y el porcentaje de tiempo con SaO<sub>2</sub> < 90%, indicando mediana y percentiles 25 y 75, y se realizaron test comparativos no pa-

ramétricos (Mann-Whitney), considerando estadísticamente significativa una diferencia cuyo  $p < 0,05$ .

En 28 estudios se comparó la medición única diurna (MUD) de SaO<sub>2</sub> con la medición continua nocturna (MCN) de 8 horas y se realizó un análisis comparativo de especificidad, sensibilidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo, estimando como valor verdadero las mediciones de la monitorización continua nocturna de 8 horas con > 10% del tiempo total del estudio con SaO<sub>2</sub> < 90%, límite fijado para la decisión de oxigenoterapia suplementaria.

## RESULTADOS

Durante el intervalo de tiempo descrito se realizaron 290 estudios en 167 pacientes. La indicación del estudio fue para evaluar hipoxemia y necesidad de oxigenoterapia en 243 exámenes (83,8%) y por sospecha de apnea durante el sueño en 47 (16,2%).

Los 243 exámenes realizados por sospecha de hipoxemia (SH) y requerimientos de oxigenoterapia fueron realizados en 130 pa-

cientes y se distribuyeron en los siguientes diagnósticos: displasia broncopulmonar (DBP) (n = 103) (42,4%), daño pulmonar crónico secundario a infección respiratoria viral o aspiración crónica (n = 66) (27,2%), cardiopatía congénita (n = 24) (9,9%), fibrosis quística (n = 19) (7,8%), miopatía (n = 10) (4,1%), síndrome de distress respiratorio neonatal con hipertensión pulmonar (n = 6) (2,5%), hipoplasia pulmonar (n = 5) (2,1%), laringomalacia (n = 4) (1,6%) y otros misceláneos (n = 6) (2,5%). Los 47 exámenes realizados por sospecha de apnea obstructiva correspondían a 37 pacientes en los que se encontraban las siguientes patologías de base: síndrome de Pierre Robin (n = 3), laringomalacia (n = 3), hipertrofia adenoidea (n = 3), síndrome de Down (n = 2), malformación craneofacial (n = 1), estenosis traqueal (n = 1), parálisis cerebral (n = 1), síndrome de hipoventilación central congénita (n = 1), síndrome convulsivo (n = 1).

La distribución etaria de los pacientes en que se realizaron los 290 exámenes se muestra en la tabla 1, donde se destaca que la mayoría correspondió a menores de 6 meses (45,2%). Dado que la distribución etaria no tiene una distribución normal, en la tabla 2 se muestra la mediana percentil 25 y 75 de edad para cada grupo según la in-

Tabla 1

Distribución etaria de los exámenes

Edad (rango)	n	%
≤ 6 meses	131	45,2
> 6 meses - ≤ 24 meses	79	27,2
> 24 meses	80	27,6
0,1 mes - 240 meses	290	100,0

dicación del estudio; en ella destaca la significativa mayor edad de los pacientes con sospecha de apneas respecto de los por hipoxemia (medianas de 42 y 7 meses, respectivamente,  $p < 0,01$  test comparativo no paramétrico Mann-Whitney).

La distribución etaria por diagnóstico de base en el subgrupo de exámenes solicitados por sospecha de hipoxemia se muestran en la tabla 2, destacando que la mayor edad corresponde a los pacientes con miopatías (mediana 108, p25 62 y p75 129 meses).

La distribución por sexo de los 167 pacientes fue de 78 mujeres (46,7%) y 89 hombres (53,3%). Agrupando según la indicación del examen en el grupo sospecha de apnea (37 pacientes) había 20 hombres

Tabla 2

Distribución etaria de los pacientes (en meses), según indicación y diagnóstico del estudio de saturación de O<sub>2</sub>

	n	p25	Mediana	p75	Rango
Apnea	47	5	42*	71,5	0,1-168
Hipoxemia	243	3	7*	21	0,5-240
DBP	103	2,5	4	7	0,9-42
DPC	66	5	10	24	0,6-108
CC	24	5,7	14,5	21	1,6-69
Hipoplasia pulmonar	5	0,60	1	1	0,6-29
Laringomalacia	4	11,25	13	15	6-21
Miopatía	10	62	108	129	3-216
Otros	6	4,6	8,2	15,2	2-36
FQ	19	48	84	132	23-240
SDR-HPP	6	0,62	0,85	2,5	0,5-3

DBP: Displasia broncopulmonar

DPC: Daño pulmonar crónico postviral y secundario a aspiración crónica

CC: Cardiopatía congénita

FQ: Fibrosis quística

SDR-HPP: Síndrome de distress respiratorio neonatal con hipertensión pulmonar

\*  $p < 0,01$  test Mann-Whitney.

(54%) y en el grupo de hipoxemia (130 pacientes) había 69 hombres (53%). En este último grupo la distribución de sexo por patología de base solo reveló diferencias significativas en el grupo de DBP en que predomina el sexo masculino (61,1%).

En 76 pacientes (45,5%) se realizó más de un examen de SaO<sub>2</sub> continua nocturna con un promedio de 2,8 estudios por paciente (rango 2 a 6 estudios por paciente), correspondiendo en su mayor parte a pacientes por sospecha de hipoxemia (n = 66) (93%) con diagnóstico de DBP (n = 31) (47%) y DPC (n = 19) (28,8%). El grupo de 47 exámenes realizados por sospecha de apnea obstructiva, solo en 5/37 pacientes se realizó más de 1 examen. De los 71 pacientes en que se efectuó más de un examen, 63 de ellos se encontraban con oxigenoterapia suplementaria (88,7%), correspondiendo 4,7% a pacientes con sospecha de apnea y 95,3% a pacientes con sospecha de hipoxemia.

Del total de estudios, en 129 exámenes (44,5%) los pacientes se encontraban con oxigenoterapia suplementaria previo a la realización del examen, correspondiendo en 8 exámenes (6,2%) a sospecha de apnea y 121 exámenes (93,8%) a evaluación de hipoxemia. En este último grupo, 42,1% de los exámenes correspondía a pacientes portadores de displasia broncopulmonar y 29,7% a pacientes portadores de daño pulmonar crónico (tabla 3), destacando que 87,1% de los pacientes con DBP y 100% de los pacientes con DPC se encontraban con oxigenoterapia. De los 8 exámenes por sospecha de apnea con oxigenoterapia suplementaria, cinco de ellos corresponden a un paciente probable portador de un sín-

drome de hipoventilación central congénita y en los otros casos los diagnósticos eran síndrome de Down con daño pulmonar crónico (DPC) por bronconeumonías a repetición, genetopatía en estudio con laringomalacia y observación de DPC postviral y recién nacido prematuro con síndrome de Pierre Robin.

En relación al análisis de SaO<sub>2</sub> nocturna de 8 h y el porcentaje de tiempo con SaO<sub>2</sub> < 90%, las tablas 4 y 5 muestran la distribución percentilar, rango y promedio ± DE según indicación del examen, respectivamente, revelando que los exámenes realizados por sospecha de apnea presentan una SaO<sub>2</sub> promedio nocturna significativamente mayor que el grupo de exámenes por sospecha de hipoxemia (p < 0,000, test Mann-Whitney) y un porcentaje de tiempo total del estudio con SaO<sub>2</sub> ≤ 90% significativamente menor que en el grupo de hipoxemia (p < 0,000 test Mann-Whitney).

En el grupo por sospecha de hipoxemia de acuerdo a los diagnósticos de base no encontramos diferencias significativas entre DBP y DPC (tablas 4 y 5).

En relación al uso de oxigenoterapia suplementaria previo a la realización del examen, de los 290 exámenes realizados en 129 (44,5%) el paciente se encontraba utilizando oxigenoterapia. De estos 121 casos (93,8%) correspondían a exámenes realizados por sospecha de hipoxemia, correspondiendo 42,1% a pacientes con diagnóstico de DBP y 29,7% a DPC. Si analizamos el grupo total de exámenes por DBP y DPC se encontraban con oxigenoterapia suplementaria al momento del examen 49% y 54,5%, respectivamente. Si examinamos los resultados en el grupo de pacientes con o sin

Tabla 3

Distribución de SaO<sub>2</sub> nocturna (%), según indicación y diagnóstico

	n	p25	Mediana	p75	Rango	$\bar{X} \pm DE$
Apnea	47	93	95	96	85-97	94,1 ± 2,5
Hipoxemia	243	91	93	94	78-98	92,6 ± 2,8
DBP	103	91	93	94	84-98	92,9 ± 2,6
DPC	66	91	93	94	83-97	92,5 ± 2,6

DBP: Displasia broncopulmonar.

DPC: Daño pulmonar crónico postviral o por aspiración.

Tabla 4

Porcentaje de tiempo con SaO<sub>2</sub> nocturna bajo 90%, según indicación y diagnóstico

	n	p25	Mediana	p75	Rango	$\bar{X} \pm DE$
Apnea	47	0	4*	18,7*	0-80	12 ± 18,36
Hipoxemia	243	5	15*	30*	0-100	23 ± 24
DBP	103	5,7	20	30	0-80	21,5 ± 19,1
DPC	66	5,7	20	43,7	0-80	26 ± 25

DBP: Displasia broncopulmonar.

DPC: Daño pulmonar crónico postviral o por aspiración.

\* p &lt; 0,0001 test Mann-Whitney.

oxigenoterapia, observamos que para el grupo con oxigenoterapia la SaO<sub>2</sub> promedio nocturna se distribuye con una mediana de 94%, p25: 93%, p75: 95% (rango 88-98%) con un porcentaje total de tiempo del estudio con SaO<sub>2</sub> ≤ 90% de 3% (mediana), p25: 0, p75: 10% (rango 0-30%) y para el grupo de pacientes sin oxigenoterapia suplementaria se observa una SaO<sub>2</sub> promedio nocturna de 92% (mediana), p25: 90%, p75: 94% (rango 78-98%) con un porcentaje total de tiempo del estudio con SaO<sub>2</sub> ≤ 90% de 25,5% (mediana), p25: 0, p75: 45% (rango 0-100%); es decir, los exámenes realizados con oxigenoterapia suplementaria presentan una SaO<sub>2</sub> promedio nocturna significativamente mayor y un porcentaje de tiempo total del estudio con SaO<sub>2</sub> ≤ 90% significativamente menor que el grupo de exámenes sin oxigenoterapia (p < 0,000 test Mann-Whitney) (tabla 5).

Del total de estudios, en 25 (8,6%) se obtuvieron registros sugerentes de apnea durante el sueño, correspondiendo 18 casos (72%) a pacientes con indicación de estudio por sospecha clínica de apnea durante el sueño y en 7 a hallazgo del estudio por evaluación de hipoxemia y requerimientos de oxígeno. Del total de 47 pacientes con indicación de estudio por sospecha clínica de apnea durante el sueño, solo en 18 casos (38,3%) se obtuvo un registro sugerente de apnea.

En 11 estudios (3,8%) no se pudo obtener un registro de adecuada calidad que permitiera un análisis confiable de los datos, principalmente por artefactos de movimiento y pérdida de la señal por períodos prolongados de tiempo; en estos casos se indicó repetir el estudio. Estos problemas fueron más

Tabla 5

Resultados de exámenes  
según oxigenoterapia

	n	SaO <sub>2</sub> (%) Mediana	SaO <sub>2</sub> < 90% % de tiempo
<i>Con oxigenoterapia:</i>			
Total	126	94*	3*
DBP	40	94	5
DPC	21	94	5
<i>Sin oxigenoterapia:</i>			
Total	164	92*	25,5*
DBP	63	92	25,0
DPC	45	92	32,5

DBP: Displasia broncopulmonar.

DPC: Daño pulmonar crónico postviral o por aspiración.

\* p &lt; 0,0001 test Mann-Whitney.

frecuentes en los lactantes menores de 3 meses en que es más difícil mantener el sensor en la posición adecuada y al mismo tiempo están sometidos a atenciones más frecuentes durante la noche (muda, alimentación etc.). En nuestro grupo de estudio la edad promedio de los pacientes en que se anuló el estudio por mala calidad del registro fue de 2,2 meses.

En 28 estudios se pudo contar con la evaluación comparativa de una medición única diurna de SaO<sub>2</sub> y la monitorización continua nocturna de 8 horas, de los cuales 18 eran pacientes con DBP y 10 con DPC. Encontramos que en 11/18 estudios en DBP y en 6/10 de los con DPC, la medición única diurna de SaO<sub>2</sub> estaba dentro de rangos

normales y no se asoció con episodios de hipoxemia nocturna detectados por la medición de  $SaO_2$  nocturna continua de 8 horas (figuras 4 y 5).

Al analizar los 28 exámenes, considerando como valor verdadero positivo para la decisión de oxigenoterapia una  $SaO_2 \leq 90\%$  durante más de 10% del tiempo total del estudio, encontramos que la medición única diurna tiene una sensibilidad de 15,8%, una especificidad de 100%, con un valor predictivo positivo de 100% y un valor predictivo negativo de 40,7%, es decir, la medición única diurna de  $SaO_2$  es confiable para la decisión de oxigenoterapia cuando detecta hipoxemia diurna ( $SaO_2 < 93\%$ ); sin embargo, con registros dentro de rangos normales solo 40,7% de los casos se correlacionará con ausencia verdadera de hipoxemia nocturna, quedando 59,3% de casos de hipoxemia nocturna no sospechada.

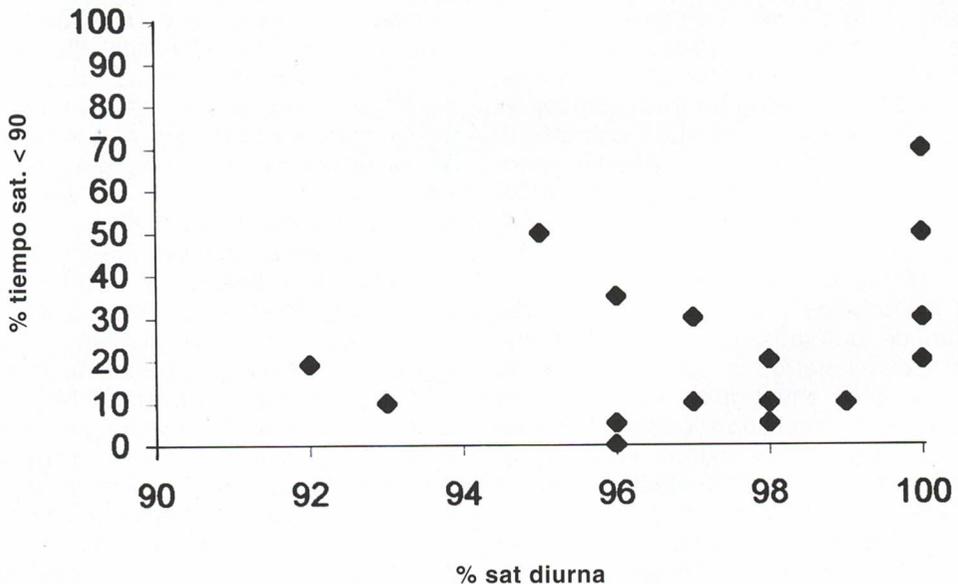
### DISCUSIÓN

Con el desarrollo tecnológico de las unidades de cuidados neonatales y de cuidados intensivos pediátricos se ha producido

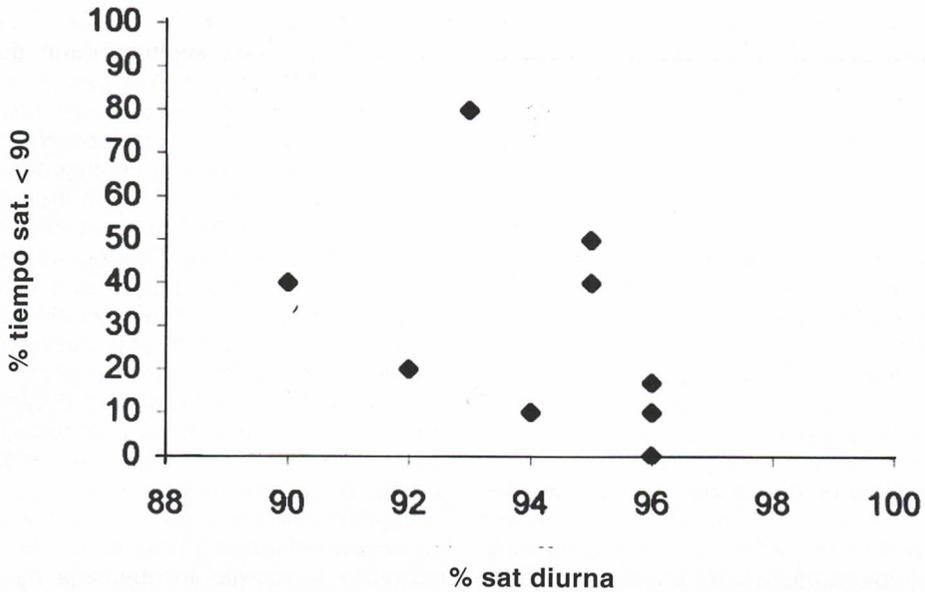
un aumento considerable de pacientes con daño pulmonar crónico dependientes de oxigenoterapia suplementaria prolongada. En estos pacientes nuestro objetivo principal es evitar la hiperoxemia y la hipoxemia secundaria a un mal manejo de la oxigenoterapia.

En la literatura existen numerosos estudios en niños con DPC que describen episodios de hipoxemia no sospechada clínicamente, en especial durante el sueño y la alimentación y que se traducen clínicamente en mal incremento ponderal, aumento de la resistencia vascular pulmonar y cor pulmonar, aumento en la incidencia de apneas y una serie de alteraciones autonómicas cardiovasculares y en el patrón fisiológico del sueño. En la mayoría de estos estudios la hipoxemia nocturna no fue sospechada por mediciones diurnas únicas dentro de rangos normales y ocurría en ausencia de apnea, bradicardia o cianosis clínica, produciéndose principalmente durante la alimentación y en menor grado durante vigilia, sueño quieto o activo<sup>9, 10, 15</sup>.

La oximetría de pulso fue introducida hace, aproximadamente, 20 años como un método no invasivo que determina la oxigenación mediante la saturación arterial de



**Figura 3:** Gráfico que muestra  $SaO_2$  diurna vs % tiempo acumulado con  $SaO_2 < 90\%$  durante registro nocturno en pacientes con DBP. Durante > 10% del tiempo acumulado del estudio la  $SaO_2$  se mantuvo < 90% en 11 casos.



**Figura 4:** Gráfico que muestra SaO<sub>2</sub> diurna vs % tiempo acumulado con SaO<sub>2</sub> < 90% durante registro nocturno en pacientes con DPC. Durante > 10% del tiempo del estudio la SaO<sub>2</sub> se mantuvo < 90% en 6 casos.

oxígeno, siendo validado ampliamente en la literatura para su uso en niños. El estudio de Lebecque y cols demostró que tanto el oxímetro Ohmeda Biox III como el Nellcor N100 se correlacionan cercanamente con los valores de SaO<sub>2</sub> medidos directamente por cooximetría en muestras de sangre arterial ( $r = 0,91$  y  $0,93$ ) con errores estándar de  $4,1\%$  y  $3,2\%$ , respectivamente<sup>13</sup>. La mayoría de los oxímetros de pulso son precisos para valores de SaO<sub>2</sub> entre 70-100% con una DE de  $\pm 2\%$ , entre valores de SaO<sub>2</sub> de 50-70% la DE es de  $\pm 3\%$  y con valores de SaO<sub>2</sub> < a 50% se pierde la precisión de la medición<sup>14</sup>.

La mayoría de los errores de medición resultan de una posición inadecuada del sensor del oxímetro, lo que determina la presencia de un shunt óptico cuando luz es recibida por el fotodiodo receptor sin haber pasado a través de los tejidos; en la mayoría de estas situaciones la SaO<sub>2</sub> tenderá a bajar falsamente cercana a 85%. Aunque es muy raro que se produzcan quemaduras, se recomienda revisar el sitio del sensor cada 6 a 8 horas. Para nuestros estudios utilizamos el oxímetro Ohmeda Biox 3700 con una pantalla que registra la onda fotopleto-mográfica del pulso arterial, pero no la almacena para

análisis; de esta forma la evaluación de los artefactos de movimiento del sensor se realiza subjetivamente mirando la curva de registro en que aparecen interrupciones bruscas de la curva y se correlaciona con el registro escrito de actividades del niño. En nuestro estudio 3,8% de los exámenes fue descartado para análisis por artefactos de movimiento; en todos los casos se trataba de pacientes pequeños menores de 3 meses en que era muy difícil mantener el sensor en una posición adecuada.

Existen varios estudios para evaluar los rangos de SaO<sub>2</sub> basales normales en lactantes y niños; sin embargo, ha sido difícil establecer rangos normales debido a que han utilizado diferentes aparatos de medición, no se aplican las mismas medidas para excluir artefactos de movimiento, se utilizan diferentes duraciones de tiempo para promediar valores de SaO<sub>2</sub> y la mayoría no da información acerca de la presencia de desaturaciones. Basado en datos de SaO<sub>2</sub> basal y la frecuencia de desaturaciones intermitentes en la SaO<sub>2</sub> en neonatos, lactantes y niños utilizando un oxímetro Nellcor de modo latido a latido y controlado para artefactos de movimiento, se ha establecido que

el rango normal para SaO<sub>2</sub> basal medida durante sueño quieto y alejado de pausas de apnea es entre 95-100% en lactantes prematuros y entre 97-100% en lactantes mayores y niños<sup>14, 16, 17</sup>.

Las últimas publicaciones recomiendan mantener valores de SaO<sub>2</sub> ≥ 93-97% en lactantes de término y pretérmino durante respiración tranquila, basándose en el hecho que pacientes portadores de DBP y DPC el mantener SaO<sub>2</sub> > 93% con oxigenoterapia suplementaria se asocia a disminución de muerte súbita, mejor incremento ponderal, disminución en 50% de la presión de arteria pulmonar con aumento de SaO<sub>2</sub> de 82% a 93%, disminución en 50% de la resistencia de la vía aérea al administrar oxígeno con SaO<sub>2</sub> < 90% y disminución de la frecuencia de episodios de hipoxemia intermitente aun en lactantes con SaO<sub>2</sub> > 90% en reposo. Basados en estos datos, se recomienda oxigenoterapia suplementaria en todo lactante con SaO<sub>2</sub> basal < 93% y mantener una SaO<sub>2</sub> ≥ 95% en lactantes con oxigenoterapia suplementaria<sup>18</sup>.

La utilidad de realizar estudios de monitorización continua de SaO<sub>2</sub> en niños ha sido ampliamente establecida en pacientes con DBP y DPC para el manejo de la oxigenoterapia. Existe una serie de estudios que también avalan su utilidad para la evaluación de otros pacientes en riesgo de presentar episodios de hipoxemia nocturna no sospechada clínicamente, como son niños con cardiopatías congénitas, portadores de síndrome de Down, fibrosis quística y enfermedades musculares<sup>5-8</sup>. En nuestro estudio observamos que la mayoría de los estudios para evaluación de hipoxemia correspondían a pacientes con displasia broncopulmonar (42,4%) y daño pulmonar crónico (27,2%), lo que es concordante con lo publicado en la literatura, ya que corresponden a las patologías que más frecuentemente determinan oxigenoterapia suplementaria en niños. De esta distribución se desprende que nuestros estudios fueran realizados principalmente en niños menores de 2 años con una mediana de 7 meses para el grupo de hipoxemia, constituido principalmente por pacientes con DBP y DPC. En 45,5% de los pacientes se realizaron dos o más estudios, en los cuales 82,9% se encontraba con oxigenoterapia suplementaria, correspondiendo en 60,5% a pacientes con DBP y DPC. Esto indica la

utilización de este examen para el manejo de oxigenoterapia suplementaria especialmente para la indicación y la suspensión de esta. Solo 9,9% de los exámenes correspondían a pacientes con cardiopatía congénita y 7,8% a pacientes con fibrosis quística. Creemos que en la medida que se tome más conocimiento de las distintas poblaciones de pacientes con riesgo de hipoxemia nocturna, se hará más frecuente su evaluación diagnóstica a través de estudios continuos nocturnos de SaO<sub>2</sub>, optimizando el manejo de estos pacientes.

En el subgrupo de pacientes en los que se pudo realizar una evaluación comparativa entre mediciones de SaO<sub>2</sub> diurna y monitorización nocturna continua de 8 horas, se confirmó lo descrito ampliamente en la literatura, que la medición única de SaO<sub>2</sub> diurna dentro de rangos normales puede subestimar episodios de hipoxemia durante el sueño y la alimentación. Por lo tanto se recomienda que en todos los pacientes que se quiera detectar episodios de hipoxemia nocturna se debe realizar un estudio de monitorización continua nocturna de SaO<sub>2</sub>. La determinación de los requerimientos de oxígeno antes del alta exige una monitorización prolongada con mediciones de SaO<sub>2</sub> en diversas condiciones como sueño, alimentación y actividad; igual método se recomienda para decidir la suspensión de oxígeno, la cual debe hacerse cautelosamente, ya que estos pacientes tienen elevados consumos de oxígeno y la suspensión prematura del aporte adicional se traduce en detención del crecimiento y mayor hipertensión pulmonar.

En resumen, creemos que la monitorización continua de la SaO<sub>2</sub> es un examen absolutamente necesario en la evaluación de hipoxemia y manejo de oxigenoterapia suplementaria en una amplia variedad de pacientes, permitiendo evaluar los requerimientos de oxígeno en forma más sensible que la medición única diurna de SaO<sub>2</sub>, evitando el riesgo de una hipoxemia no sospechada clínicamente y sus conocidos efectos adversos. Esto llevará a una optimización del manejo de estos pacientes, mejorando su pronóstico. Por otra parte, el oxímetro de pulso es un instrumento fácilmente disponible, no invasivo y que se utiliza como una unidad portátil al lado de la cama del enfermo en el hospital o en su domicilio.

## REFERENCIAS

1. *Fauroux B, Sardet A, Foret D*: Home treatment for chronic respiratory failure in children: a prospective study. *Eur Respir J* 1995; 8: 2062-6.
2. *Hudak B, Allen M, Hudak M, Loughlin G*: Home oxygen therapy for chronic lung disease in extremely low-birth-weight infants. *AJDC* 1989; 143: 357-60.
3. *Poets C, Southall D*: Non invasive monitoring of oxygenation in infants and children: Practical considerations and areas of concern. *Pediatrics* 1994; 93: 737-46.
4. *Tremper K, Barker S*: Pulse oxymetry. *Anesthesiology* 1989; 70: 98-108.
5. *Montgomery M, Wiebicke W, Bibi H, Pagtakhan R, Pasterkamp H*: Home measurement of oxygen saturation during sleep in patients with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1989; 7: 29-34.
6. *Zinman R, Corey M, Coates A.L, et al*: Nocturnal home oxygen in the treatment of hypoxemic cystic fibrosis patients. *J Pediatr* 1989; 114: 368-77.
7. *Marcus C, Keens T, Bautista D, Von Pechmann W, Davidson S*: Obstructive sleep apnea in children with Down syndrome. *Pediatrics* 1991; 88: 132-9.
8. *Hiatt P, Mahony L, Tepper R*: Oxygen desaturation during sleep in infants and young children with congenital heart disease. *J Pediatr* 1992; 121: 226-32.
9. *Sekar K.C, Duke J.C*: Sleep apnea and hypoxemia in recently weaned premature infants with and without bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr Pulmonol* 1991; 10: 112-6.
10. *Meena G, Sharon K, Bautista D, Keens T*: Clinically unsuspected hypoxia during sleep and feeding in infants with bronchopulmonary dysplasia. *Pediatrics* 1988; 81: 635-42.
11. *Groothuis J, Rosenberg A*: Home oxygen promotes weight gain in infants with bronchopulmonary dysplasia. *AJDC* 1987; 141: 992-5.
12. *Mc Evoy C, Durand M, Hewlett V*: Episodes of spontaneous desaturations in infants with chronic lung disease at two different levels of oxygenation. *Pediatr Pulmonol* 1993; 15: 140-4.
13. *Lebecque P, Shango P, Stijns M, Vliers A, Coates A*: Pulse oximetry versus measured arterial oxygen saturation: A comparison of the Nellcor N100 and the Biox III. *Pediatr Pulmonol* 1991; 10: 132-5.
14. *Stebbens VA, Poets CF, Alexander JR, Arrowsmith W, Southall D.P*: Oxygen saturation and breathing patterns in infancy. 1: Full term infants in the second month of life. *Arch Dis Child* 1991; 66: 569-73.
15. *Poets C.F, Stebbens V.A, Alexander J.R, Arrowsmith W, Salfield S.A, Southall D.P*: Oxygen saturation and breathing patterns in infancy. 2: Preterm infants at discharge from special care. *Arch Dis Child* 1991; 66: 574-8.
16. *Poets C.F, Stebbens V.A, Alexander J.R, Arrowsmith W.A, Salfield S.A, Southall D.P*: Arterial oxygen saturation in preterm infants at discharge from the hospital and six weeks later. *J Pediatr* 1992; 120: 447-54.
17. *Richard D, Poets C.F, Neale S, Stebbens V, Alexander J.R, Southall D.P*: Arterial oxygen saturation in preterm neonates without respiratory failure. *J Pediatr* 1993; 123: 963-8.
18. *Poets CF*: When do infants need additional inspired oxygen? A review of the current literature. *Pediatr Pulmonol* 1998; 26: 424-8.

## AVISO A LOS AUTORES

Se recuerda a los autores que los artículos publicados en otro idioma en revistas extranjeras pueden ser propuestos para publicación secundaria si se ajustan a las recomendaciones del Comité Internacional de Revistas Biomédicas, *Rev Chil Pediatr* 1999; 70 (2): 145-161.