

la acidez y la osmolaridad de este fármaco podrían producir. Pero nebulizaciones de soluciones de otros productos con los mismos valores de pH y osmolaridad no han producido este efecto de forma tan intensa.

En la actualidad, la opinión más aceptada es que el salbutamol produce una alteración pasajera de la relación perfusión/ventilación alveolar, lo que explicaría una disminución de la Sat O₂ en los primeros minutos tras la administración del fármaco. Sin embargo, esta disminución puede mantenerse más de dos horas.

En general, todos los estudios parten de la hipótesis de una disminución real de la concentración de oxígeno en sangre, pero resulta extraño que un fármaco de eficacia demostrada en el tratamiento de los niños con dificultad respiratoria, conlleve una disminución de la Sat O₂

OBJETIVOS

Estudiar si el efecto paradójico del salbutamol en niños puede ser debido a un error de captación de los sensores tradicionales para medir la Sat O₂ de forma transcutánea.

MÉTODO

Se recogieron los datos de una muestra aleatoria de 48 niños que acudieron al Servicio de Urgencias del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús (Madrid), durante los meses de mayo y septiembre del 2010, y a los que se les administró salbutamol inhalado. Los criterios de inclusión en el estudio fueron ser mayores de 1 año (debido a las recomendaciones del fabricante del sensor de reflectancia) y no tener ninguna característica que pudiera alterar la medición de los sensores tradicionales como fiebre o alteraciones de la hemoglobina. Se usaron el sensor para dedo Nellcor Oximax Neonatal / Adult Oxigen Sensor® y el sensor para frente Nellcor Oximax Max-Fast Forehead Sensor®. Ambos se emplearon con el monitor Nellcor Oximax N-600x® y se colocaron según las recomendaciones del fabricante. Para medir el grado de dificultad respiratoria se empleó el Pulmonary Score. Se eligió este método de valoración porque es independiente de los valores de Sat O₂.

PUNTOS	FR<6 AÑOS	FR>6 AÑOS	SIBILANCIAS	USO MUSC. ACCESORIOS
0	<30	<20	No	No
1	31-45	21-35	Final expiración	Incremento leve
2	46-60	36-50	Toda la expiración	Aumentado
3	>60	>50	Audibles sin estetoscópio	Máxima

Crisis leve <4 ; moderada 4-6 ; grave 7-8 . Si no existen sibilancias pero si retracciones evidentes se puntuará 3 en el apartado de sibilancias .

Las variables estudiadas fueron: edad, sexo, administración de salbutamol en las horas previas, Sat O₂ medida con ambos sensores y grado de dificultad respiratoria usando el Pulmonary Score. La medición de la Sat O₂ se realizó en el momento de su llegada al Servicio de Urgencias y diez minutos después de la finalización de cada

nebulización de salbutamol junto con la puntuación del Pulmonary Score. Solamente se registraron los datos de aquellos niños que recibieron un máximo de tres nebulizaciones.

RESULTADOS

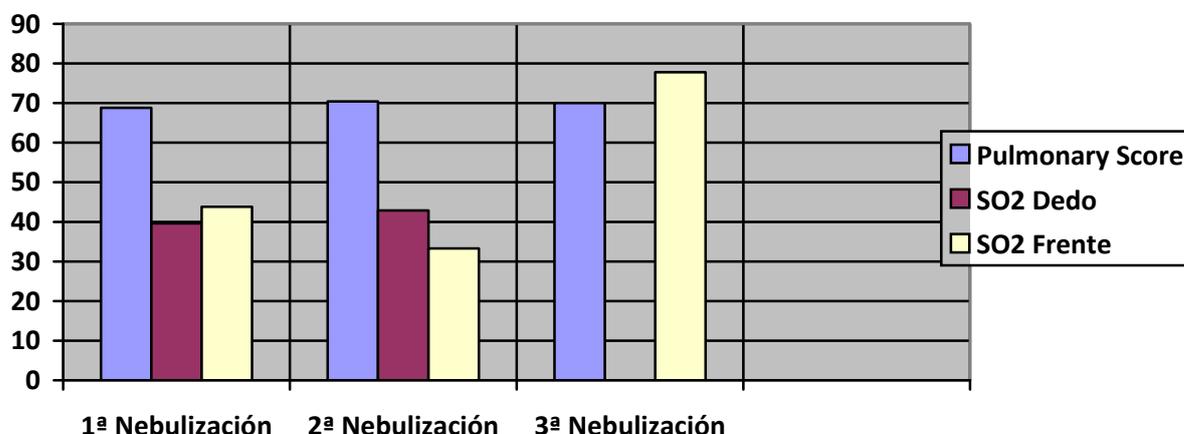
Se realizaron un total de 266 mediciones de la Sat O₂ en los 48 niños de la muestra, con edades comprendidas entre 1 y 13 años y distribuidos por sexo en 28 varones y 20 mujeres.

Los valores medios de la Sat O₂ con ambos sensores así como los valores mínimos y máximos figuran en la siguiente tabla:

	SatO ₂ dedo basal	SatO ₂ frente basal	SatO ₂ dedo tras 1ª dosis	SatO ₂ frente tras 1º dosis	SatO ₂ dedo tras 2ª dosis	SatO ₂ frente tras 2º dosis	SatO ₂ dedo tras 3ª dosis	SatO ₂ frente tras 3º dosis
n	48	48	48	48	28	28	9	9
Media	96%	97%	95%	98%	95%	97%	94%	97%
Mínimo	86%	94%	88%	92%	88%	92%	89%	94%
Máximo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	100%

Al comparar las parejas de mediciones que presentaban valores de Sat O₂ ≤ 94% medidas con el sensor tradicional y Sat O₂ ≥ 95% medidas con el sensor de reflectancia, se encontró una discordancia en 12(25%) casos para las mediciones basales, 16(33,3%) para las mediciones después de la primera nebulización, 7(25%) para las mediciones después de la segunda nebulización y 5(55,6%) para las mediciones después de la tercera nebulización. 7 (58%) de los niños que presentaban esta discordancia en el momento de su llegada al Servicio de Urgencias, habían recibido salbutamol en las 4 horas previas

En el siguiente gráfico aparecen representados los porcentajes de niños que mejoraron la puntuación en el Pulmonary Score, el valor de la Sat O₂ medido con el sensor tradicional y el medido con el sensor de reflectancia para la frente, diez minutos después de cada nebulización.



DISCUSIÓN

La correcta medición de la Sat O₂ en los niños con dificultad respiratoria es de gran importancia. Valores bajos en el momento de su llegada a Urgencias se han relacionado con una mayor probabilidad de ingreso hospitalario; de hecho, mediciones $\leq 94\%$ puede ser indicación de ingreso hospitalario, administración de medicación y oxigenoterapia. La Sociedad Española de Urgencias Pediátricas (SEUP) señala como un indicador de calidad la medición de esta constante en todos los niños con patología respiratoria.

Existe una estrecha relación directa entre la medición de la Sat O₂ mediante pulsioximetría y la presión arterial de oxígeno (PaO₂). Sin embargo, la sensibilidad de los sensores transcutáneos disminuye para valores $>95\%$ y $<90\%$.

El mecanismo por el que la oximetría de reflectancia mide la Sat O₂ difiere del de la oximetría de transmisión usada en extremidades. Con la oximetría de transmisión, los tejidos son transluminados por dos haces de luz (rangos infrarrojo y rojo), y la Sat O₂ es estimada por la relativa absorción de estos dos haces, filtrando las interferencias no arteriales mediante algoritmos internos. Con la oximetría de reflectancia, la Sat O₂ se mide por la luz que se refleja, no por la que se transmite. Esto permite que el sensor pueda ser colocado en diferentes partes del cuerpo; se ha demostrado que la frente es la zona más idónea debido a que no es afectada por la hipoperfusión. Algunos factores que pueden afectar la lectura (disminuyendo los valores) del sensor de reflectancia son el sudor, y la posición de tendelemburg., sin embargo, presenta la ventaja, con respecto al sensor tradicional, de que la hipoperfusión periférica no influye en la medición de los valores de la Sat O₂. Ambos sensores están validados para su uso en niños.

De los datos obtenidos conviene destacar como la media de los valores de Sat O₂ medidos con el sensor tradicional, disminuye a medida que va aumentando el número de nebulizaciones de salbutamol, al contrario de que ocurre en las mediciones obtenidas con el sensor de reflectancia. Igualmente la discordancia entre los valores de Sat O₂ $\leq 94\%$ medidos con el sensor tradicional y Sat O₂ $\geq 95\%$ medidos con el sensor de reflectancia, va incrementándose a medida que aumentan las nebulizaciones del fármaco. Es importante tener presente que precisamente valores de SO₂ $\leq 94\%$ son frecuentemente tomados como referencia para la toma de decisiones terapéuticas y de derivación en los niños con dificultad respiratoria..

Tras la administración de salbutamol nebulizado, se objetivo una mejoría medida con el Pulmonary Score en la mayoría de los pacientes. Del mismo modo, la Sat O₂ medida con el sensor de reflectancia fue aumentando, llegando a su pico máximo tras la tercera nebulización, en la que un 77,8% de los pacientes mejoraron su Sat O₂ con respecto a la que tenían tras la segunda nebulización del fármaco. Sin embargo, en las mediciones realizadas con el sensor tradicional, ningún paciente mejoró el valor de Sat O₂ tras la tercera administración de salbutamol.

Con los resultados obtenidos parece existir una discrepancia entre los valores medidos con los sensores tradicionales y con los sensores de reflectancia tras la administración de salbutamol. Una hipótesis, teniendo en cuenta el mecanismo de medición de la Sat O₂ de ambos sensores, es que la vasoconstricción periférica que puede ocasionar la nebulización de salbutamol podría afecta a la lectura del sensor de transmisión. El hecho de que exista una mayor correlación entre el la puntuación del Pulmonary Score y los valores de medición del sensor de reflectación apoyan esta posibilidad.

CONCLUSIÓN

Existe una discrepancia entre los valores medidos con los sensores tradicionales y con los sensores de reflectancia tras la administración de salbutamol. La hipoperfusión periférica podría ser un factor que explique esta diferencia. Es posible que el llamado "Efecto paradójico del salbutamol", sea debido a un error de captación de los sensores tradicionales y no a una disminución real de la SO_2 en sangre. Es necesario realizar estudios bien diseñados en los que se relacione los valores de la saturación arterial de oxígeno determinados por métodos de laboratorio con los obtenidos mediante la pulsioximetría.

BIBLIOGRAFÍA

1. Eichhorn JH, Cooper JB, Cullen DJ, Maier WR, Philip JH, Seeman RG. Standards for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School. *JAMA* 1986;25(8):1017-1020
2. Van de louw A, Cracco C, Cerf C, Harf A, Duvalsdestin P, Lemaire F, Brochard L. Accuracy of pulse oximetry in the intensive care unit. *Intensive Care Med* 2001;27(10):1606-1613.
3. Clayton DG, Webb RK, Ralston AC, et al. Pulse oximeter sensors : A comparison between finger, nose, ear and forehead sensors under conditions of poor perfusion. *Anesthesia* 1991;46:260-265.
4. Amar D, Neidzowski J, Wald A, et al: Fluorescent light interferences with pulse oximetry. *J Clin Monit* 1989 ; 5:135-136.
5. Watcha MF, Connor MT, Hing AV. Pulse oximetry in methemoglobinemia. *Am J Dis Child* 1989;143:845-847.
6. John W Berkenbosch MD, Joseph D Tobias MD. Comparación of a New Forehead Reflectance Pulse Oximeter Sensor with a Convencional Digit Sensor in pediatric patients. *Respiratory Care* .July 2006;vol51 No 7.
7. Prendiville A, Green S., Silverman M. Paradoxical response to nebulised salbutamol in wheezy infants, assessed by partial expiratory flow-volume curves. *Thorax* 1987;42:86-91.
8. Prendiville A, Rose A, Maxwell DL, Silverman M. Hypoxaemia in wheezy infants after bronchodilatador treatment. *Archives of Disease in Childhood*, 1897, 62, 997-1000.
9. O'Callaghan C, Milner AD, Swarbrick A. Paradoxical deterioration in lung function after nebulised salbutamol in wheezy infants. *Lancet*. 1986 Dec 20-27;2(8521-22):1424-5.
10. Seidenberg J, Mir Y, von der Hardt H. Hypoxaemia after nebulised salbutamol in wheezy infants: the importance of aerosol acidity. *Archives of Disease in Childhood* 1991;66:672-675.
11. Mendelson Y, Kent JC, Yocum BL, Birle MJ. Design and evaluation of a new reflectance pulse oximeter sensor; *Med Instrum*. 1988 aug;22(4):167-73
12. Farshad Sedaghat-Yazdi MD, Adalberto Torres Jr MD, FCCM, Randall Fortuna MD, Dale M. Feiss MD. Pulse oximeter accuracy and precision affected by sensor location in cyanotic children ; *Pediatric Crit Care Med* 2008, Vol.9, no. 4.393-397.

13. Domínguez Ortega G, Molina Cabañero JC, de la Torre Espí M. Manual de Urgencias Pediátricas; Ed .Ergon 2008.
14. Sinex JE. Pulse oximetry: principles and limitations. Am J Emerg Med 199 Jan; 17(1): 59-67.
15. Hanning CD, Alexander-Williams JM. Pulse oximetry: a practical review. Fortnightly Review. BMJ 1995; 311: 367-370 (5 August).
16. Torralba Ruiz C; Fonfría Gómez J; González Muñoz M; Notario Santiago M.P.; Losa López M.S; Rodríguez Benito M.P Sensor de reflectancia para la frente como alternativa a los sensores tradicionales para la monitorización de saturación de oxígeno en el paciente pediátrico publicado en el libro “ Sociedad Española de Enfermería de Urgencias y Emergencias. Hacia un modelo universal de cuidados“, Editorial MAD, S.L. ISBN: 9788467641851 .