

Alteraciones en la función pulmonar en el período posnatal y preescolar

J.M. Roqués Serradilla, I. Cortell Aznar, M.J. Galbis Juan y J.A. López Andreu

Neumología Pediátrica. Hospital Infantil La Fe. Valencia. España.

INTRODUCCIÓN

La exploración funcional respiratoria en el niño pequeño se caracteriza por su falta de colaboración y por el valor reducido de los parámetros a medir.

En los últimos años se han ido introduciendo métodos de exploración que soslayan o minimizan tanto la falta de colaboración del paciente como la medida de parámetros, evidentemente muy inferiores a los de otras edades. El perfeccionamiento de los transductores encargados de medir flujos, volúmenes y presiones y el avance de los sistemas informatizados así como la introducción de técnicas novedosas como la oscilometría de impulsos permiten hoy día realizar mediciones de forma no invasiva. Por otro lado programas informáticos con imágenes que estimulan a los niños, por encima de los 2 años, y fundamentalmente equipos, de manejo más simple, están facilitando la sistematización de las pruebas de función respiratoria en la práctica diaria de nuestros laboratorios.

En forma resumida, por haber sido ampliamente descritos en otras reuniones¹, exponemos los métodos más utilizados:

Estudios funcionales con respiración corriente. El método más utilizado es el análisis del la curva flujo-volumen a volumen corriente²⁻⁷, medida de la distensibilidad pulmonar y resistencias por oclusión simple⁸⁻¹⁴ y determinación de la capacidad funcional residual (CFR) por lavado de nitrógeno o dilución de helio^{16,17}. Estos métodos requieren la sedación ligera del niño pero son medidas con mascarilla facial y no precisan medios invasivos.

Estudios funcionales bajo espiración forzada. Tratan de imitar a la espirometría forzada clásica y se realizan por dos técnicas, Compresión toracoabdominal espiratoria rápida con chaleco¹⁸⁻²⁰ y el de la desinsuflación forzada, si bien esta última es menos utilizada por precisar la intubación y relajación del paciente.

Pletismografía corporal. Permite medir volúmenes pulmonares y resistencias por el método tradicional de la pletismografía. También precisa sedación ligera en lactantes y el precio de los equipos es elevado. En niños más mayores puede realizarse en cabina con el niño en brazos de su madre, con las dificultades propias de los niños de corta edad en un espacio reducido.

Oscilometría de impulsos. Se trata de una técnica que aprovecha la variación de presión ejercida por el cono de un altavoz que oscila a baja frecuencia, conectado al sistema de función pulmonar, para medir las resistencias de la vía aérea. Los resultados son rápidos y no requieren la colaboración del paciente, en lactantes es necesaria la sedación²¹⁻²³.

Valores de referencia

Uno de los problemas con los que nos encontramos en la práctica es la ausencia de unos valores de referencia en función de la edad o de valores de somatometría. La diversidad de aparataje y técnicas y el hecho de que no se haya generalizado el estudio a estas edades dificulta establecer si una exploración es normal o no y en qué grado se aleja de la normalidad.

En estos últimos años, la European Respiratory Society-American Thoracic Society Task Force for Infant Lung Function ha desarrollado especificaciones para la estandarización de los equipos y *software*.

En el presente el mayor número de estudios son de tipo longitudinal sin valores de referencia salvo para unos pocos parámetros²⁴⁻²⁶.

MATERIAL Y MÉTODOS

El sistema que utilizamos es el Sensor Medics 2600. Se trata de un equipo informatizado con capacidad para realizar el estudio de la curva flujo volumen, capacidad funcional residual por lavado de nitrógeno y medida de la distensibilidad y resistencias por el método de la oclusión simple.

Diariamente se realiza la calibración de presión con manómetro de columna de agua, volumen mediante jeringa calibrada y si es preciso de linealización. Igualmente se realiza la calibración del analizador de nitrógeno, calibración que se comprueba antes de cada prueba. Antes de cada prueba de FRC se realiza una calibración con medidas por encima y por debajo de la FRC predicha para cada paciente a 20 ml/kg.

Para la exploración, el paciente es sedado mediante la administración oral de hidrato de cloral al 10%, 50 mg/kg. Cuando el niño está dormido se inicia la exploración que se realiza, una vez dormido el niño, en unos 25 a 35 min.

El paciente se encuentra en decúbito supino con la cabeza en ligera extensión. El registro se recoge mediante

TABLA 1. Valores de referencia en nuestro laboratorio

VT/kg- 8 a 10 ml/kg
Ti/Tt- 0,40 a 0,60
% Te to PTEF- 0,40 a 0,60
TEF50/TIF50 = MI/MI- 0,8 a 1,2
FRC- 17 a 20 ml/kg
CRS/kg- > 0,7 ml/cmH ₂ O/kg
RRS- < 0,05 cmH ₂ O/ml/s

CRS: compliancia; FRC: capacidad funcional residual; PTEF: flujo máximo espiratorio a volumen corriente; RRS: resistencias; Te: tiempo espiratorio; TEF50: flujo espiratorio al 50% del volumen corriente; Ti: tiempo inspiratorio; TIF50: flujo inspiratorio al 50% del volumen corriente; VT: volumen corriente.

maskarilla facial. Siempre lo realiza el mismo médico auxiliado por una enfermera. Se recogen 8 curvas flujo-volumen (CFV) cuando el trazado se superpone repetidamente en la pantalla, lo que minimiza la variabilidad. Se graba en el ordenador en grupos de 4 curvas de las que se obtiene la media para cada parámetro.

La distensibilidad y resistencias por oclusión simple se recogen inmediatamente después. Habitualmente se graban cuatro exploraciones de las que se calcula la media para cada variable.

La CFR se explora después de las pruebas anteriores por precisar el cambio de válvulas. Se recogen tres o cuatro registros y se graba la media. Es posible descartar las pruebas fallidas.

Desde hace 2 años se han realizado exploraciones en 292 pacientes de los cuales 66 habían sido diagnosticados de displasia broncopulmonar (DBP). El número de exploraciones secuenciales en esta población es:

En 99 pacientes, 2; en 18 pacientes, 3; en 3 pacientes, 4; en 1 paciente, 7; en el resto de pacientes, 1.

En total 470 exploraciones con CFV, 408 con CVF y distensibilidad y 257 con CFV, distensibilidad y CFR.

Las edades oscilan entre las 4 semanas de edad posparto hasta los 3 años con mayor predominio por encima de los 6 meses. Los sexos se reparten sensiblemente por igual.

En relación con la patología neonatal más conocida, la DBP, hemos de decir que resulta difícil comparar la evolución de los niños con este diagnóstico por la variabilidad de este criterio en los últimos años²⁷, en función del descenso de edad gestacional viable, bajo peso al nacimiento, mejoras en las técnicas de ventilación asistida y tratamiento con corticoides en la madre o surfactante en el recién nacido.

En nuestro caso se estima el diagnóstico de DBP en paciente de bajo peso al nacimiento que ha requerido ventilación mecánica y ha precisado oxígeno por encima de los 28 días posparto o las 36 semanas posmenstruales²⁷ y hemos realizado su seguimiento clínico desde hace 4 años, aunque sólo desde hace dos practicamos la exploración funcional respiratoria de forma sistemática incorporando las técnicas de manera progresiva. Desde hace menos de un año se realizan todas las exploraciones mencionadas.

Dada la escasa población de algunos grupos, este análisis no pretende dar un valor estadísticamente significa-

tivo pero sirve para orientar de una manera más objetiva la situación evolución y el pronóstico de nuestros pacientes. En este estudio comparamos la población de niños diagnosticados de DBP con otros pacientes. No todos los niños del segundo grupo se encuentran asintomáticos o sin patología respiratoria. El establecimiento de los grupos se ha efectuado en función del diagnóstico mencionado y la edad posparto. No se han utilizado criterios de selección por sexos o por edad corregida con el fin de obtener grupos de mayor dimensión. Nuestro propósito es realizar estos estudios cuando la población sea más numerosa.

RESULTADOS

De la bibliografía consultada y de nuestra propia experiencia hemos destacado aquellos parámetros que consideramos más útiles para la valoración de la función pulmonar (tabla 1):

Valores de los parámetros más representativos que están representados en la tabla 1. La relación tPtef/Te (tiempo para el pico flujo espiratorio/tiempo espiratorio) o la VTEF/VE (volumen espiratorio para alcanzar el pico de flujo/volumen espiratorio) son ampliamente valorados como indicativos del grado de obstrucción bronquial²⁸.

MORFOLOGÍA DE LA CURVA FLUJO-VOLUMEN A VOLUMEN CORRIENTE (fig. 1)

Esta morfología informa de la existencia de determinadas alteraciones como la obstrucción bronquial y de las vías aéreas tanto intra como extratorácicas por estenosis o malformación (figs. 2 y 3) como consecuencia de la intubación prolongada de alguno de los pacientes con DBP. No es extraño, en la exploración rutinaria de los lactantes, encontramos con anomalías leves del asa inspiratoria, espiratoria o ambas, sugestivas de malacia de laringe o tráquea si bien, en la mayoría de los casos, no tiene consecuencias severas, muchas veces disfrazada como "bronquitis de repetición con mala respuesta a $\beta 2$ ".

En la figura 4 podemos ver la evolución de las exploraciones respiratorias del paciente con DBP más severa que controlamos. En este paciente se precisó oxigenoterapia hasta los 13 meses de vida.

En las figuras 5 a 11 vemos la evolución a diferentes edades de las variables más utilizadas en función del diagnóstico de DBP o no.

Como podemos observar, e insistimos sin pretender el valor estadístico, existe una diferencia evidente entre las dos poblaciones, sobre todo en los primeros meses de vida con una progresiva convergencia. Esta tendencia se corresponde con nuestra experiencia en la clínica, de tal forma que a partir de los 12 a 18 meses, los niños no presentan ni clínica ni funcionalmente diferencias. Claro que estas observaciones no se generalizan a todos los pacientes sino a la mayoría, quedando excluidos los niños con DBP severa que, afortunadamente son pocos.

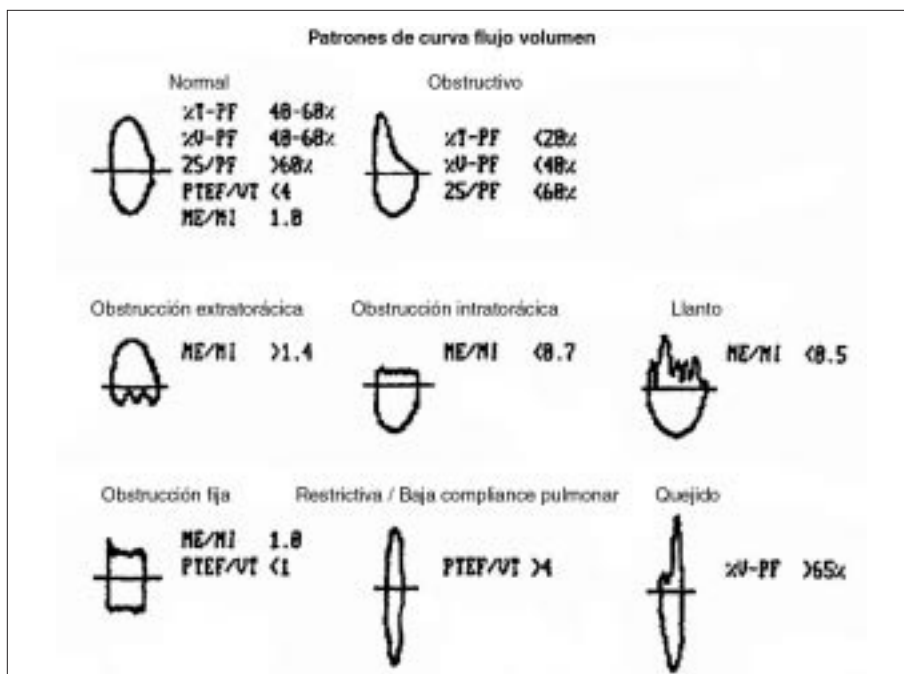


Figura 1. Patrones de curva flujo volumen. ME/MI: relación entre el flujo espiratorio y al flujo inspiratorio al 50% del volumen corriente; PTEF/VT: relación entre el pico flujo espiratorio y el volumen corriente; %T-PF: porcentaje del tiempo espiratorio para alcanzar el pico flujo espiratorio; %V-PF: porcentaje del volumen espiratorio para alcanzar el pico de flujo espiratorio.

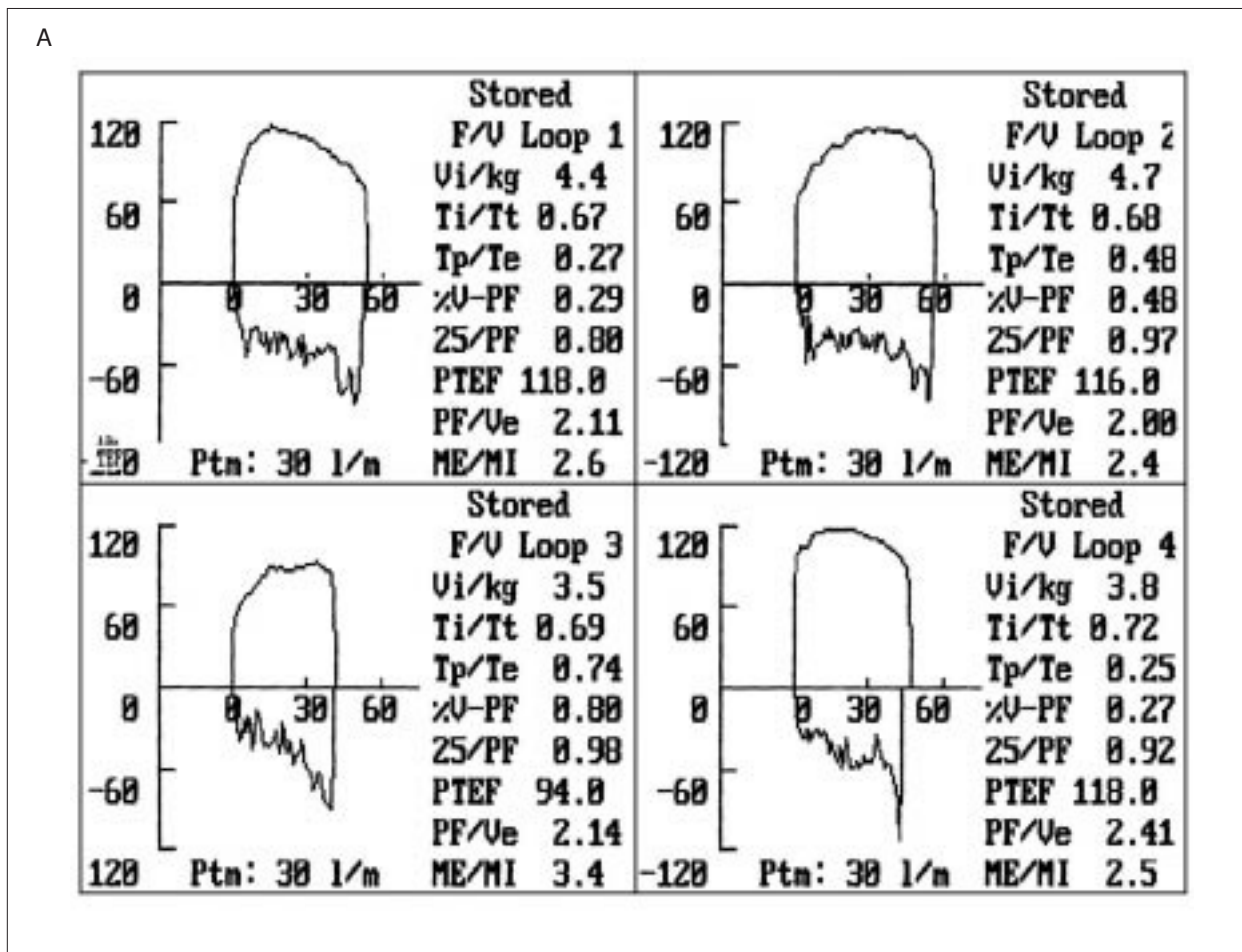


Figura 2. Laringomalacia (A) (continúa).

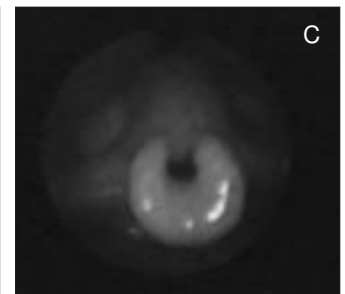
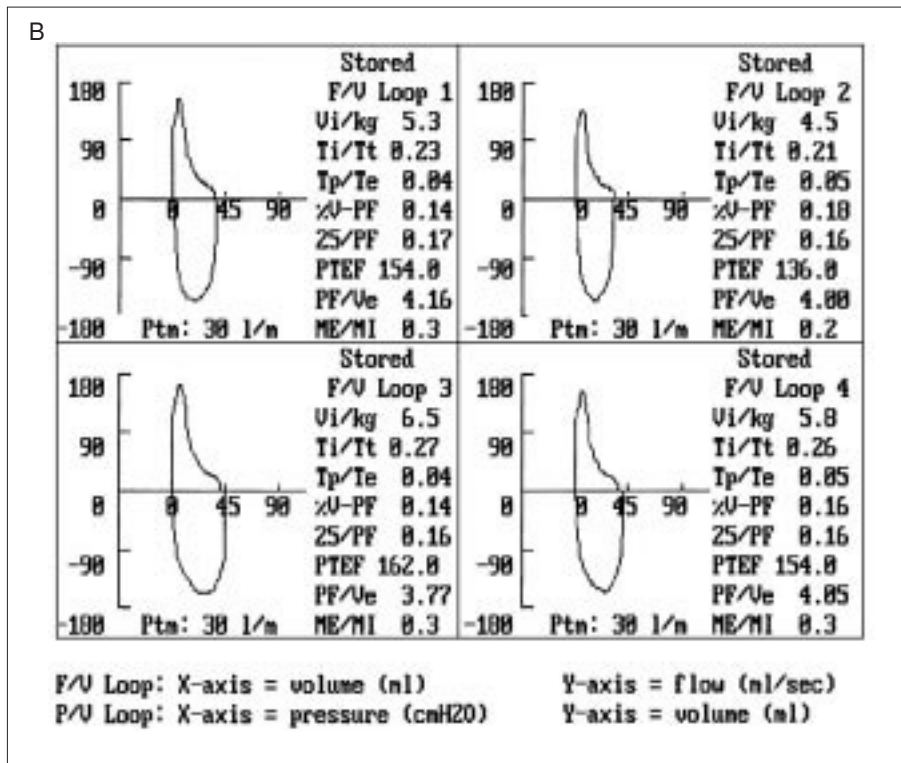


Figura 2. Laringomalacia (B).
Visión broncoscópica (C).

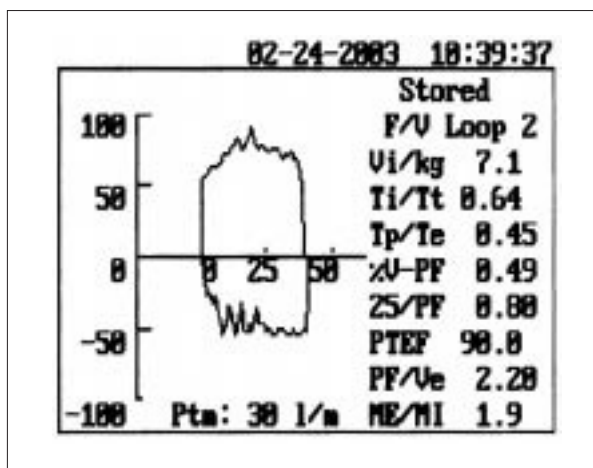


Figura 3. Laringotraqueomalacia.

Estas diferencias se observan tanto en el volumen corriente como en el Ptef (pico de flujo espiratorio), la frecuencia respiratoria, Tef 50% y las relaciones $V_{p\text{tef}}/V_e$ (porcentaje del volumen hasta alcanzar el pico flujo/volumen espiratorio), TP_{tef}/T_E (porcentaje del tiempo hasta alcanzar el pico flujo/tiempo espiratorio).

Creemos que tiene un especial valor el volumen minuto, calculado en función del volumen corriente y la frecuencia respiratoria (fig. 7) y sobre todo su relación con la superficie corporal, que puede poner en evidencia una hipoventilación oculta como una falsa "necesidad de O_2 suplementario"

en estos pacientes con DBP. Los valores de referencia para esta variable son susceptibles de ser establecidos más adelante dado su interés para establecer una indicación de ventiloterapia no invasiva aunque por el momento debemos recurrir a la gasometría arterial para su diagnóstico.

Otro valor que creemos puede tener interés es la relación entre el valor del flujo espiratorio al 50% del volumen con respecto al flujo máximo espiratorio (fig. 9). En condiciones normales este valor está próximo a 1 mientras que disminuye tanto más cuanto mayor sea la obstrucción.

Las técnicas de espirometría con compresión torácica permiten destacar valores anormales de resistencia en pacientes con escasa sintomatología en que la CFV a volumen corriente sea poco informativa, pero no estamos seguros que éstos sean muy diferentes entre niños con hiperreactividad bronquial con a sin DBP.

CONCLUSIONES

1. El laboratorio de función pulmonar debe incluir técnicas para la exploración de niños pequeños.
2. En relación con su utilidad creemos que el orden sería:
 - a) Técnicas para el análisis de la CFV completadas con el equipo para la compresión toracoabdominal rápida.
 - b) Equipo para la medida de distensibilidad y resistencias por oclusión simple.
 - c) Equipo para la medida de la capacidad funcional residual por lavado de nitrógeno o dilución de helio.
 - d) Equipo de medida de resistencias por oscilometría.
 - e) Pletismografía para lactantes y niños pequeños.

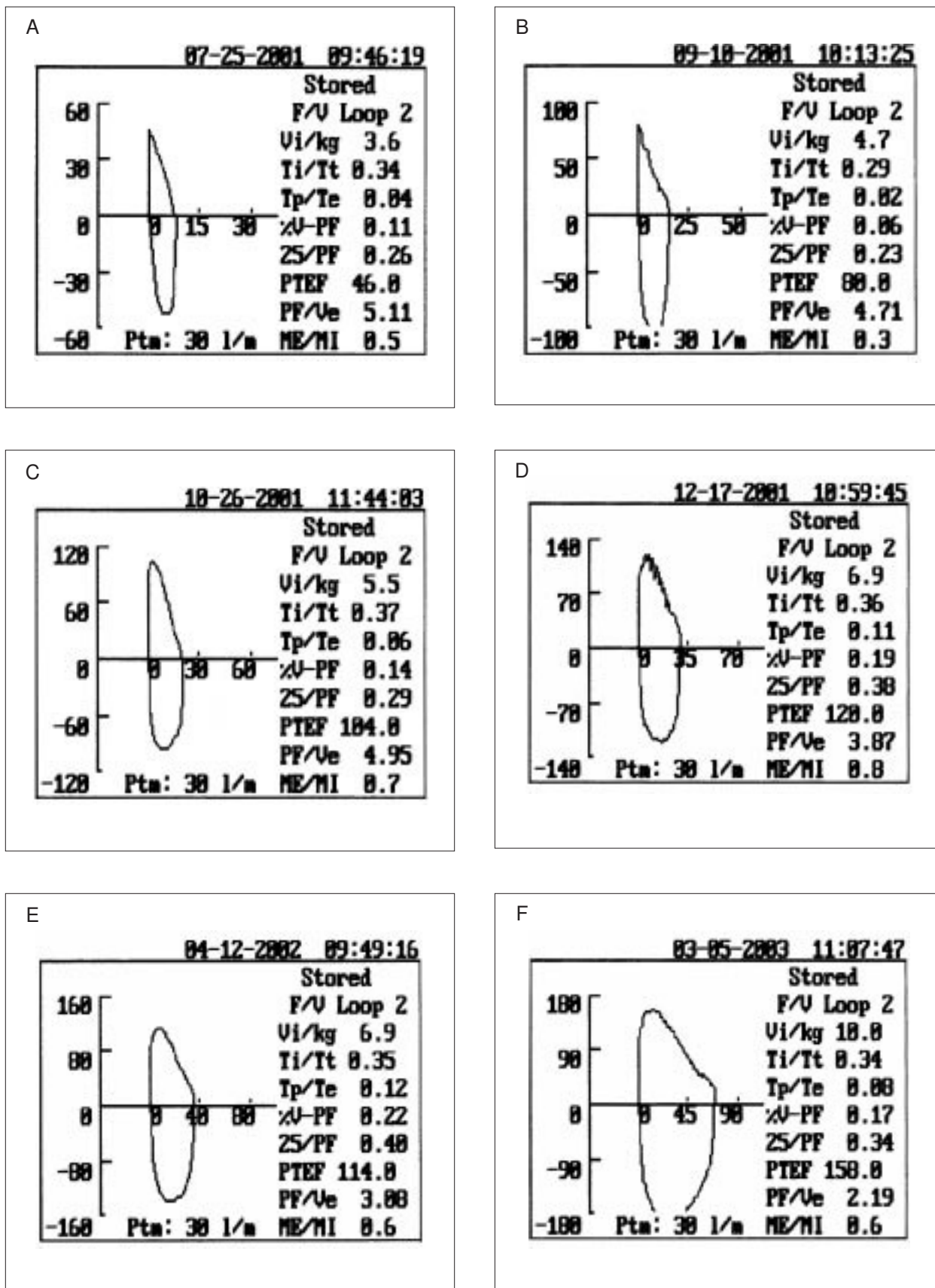


Figura 4. Estudio evolutivo de displasia broncopulmonar severa.

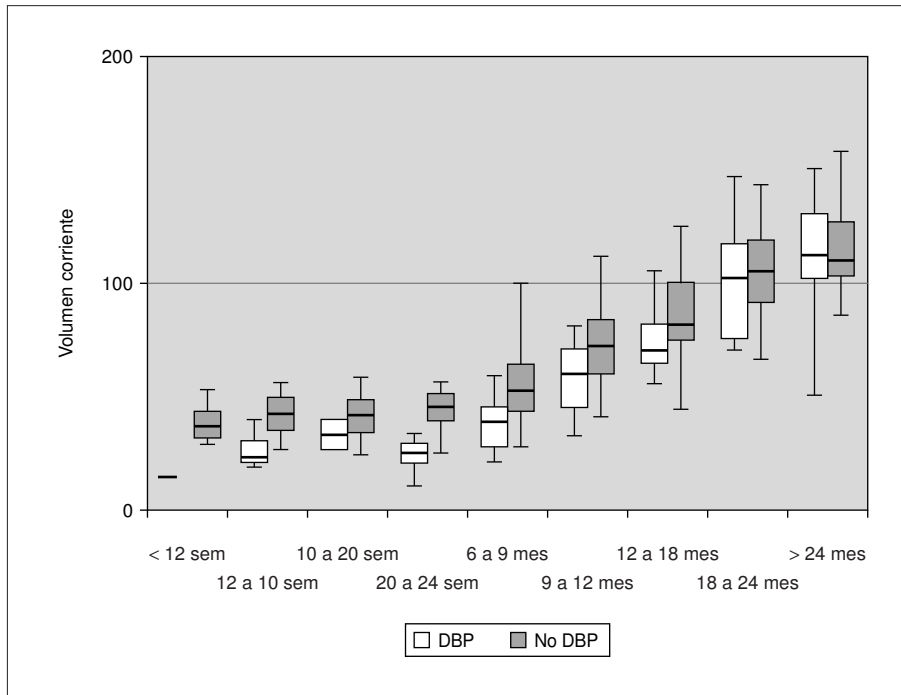


Figura 5. Evolución de valores del volumen corriente. DBP: displasia broncopulmonar.

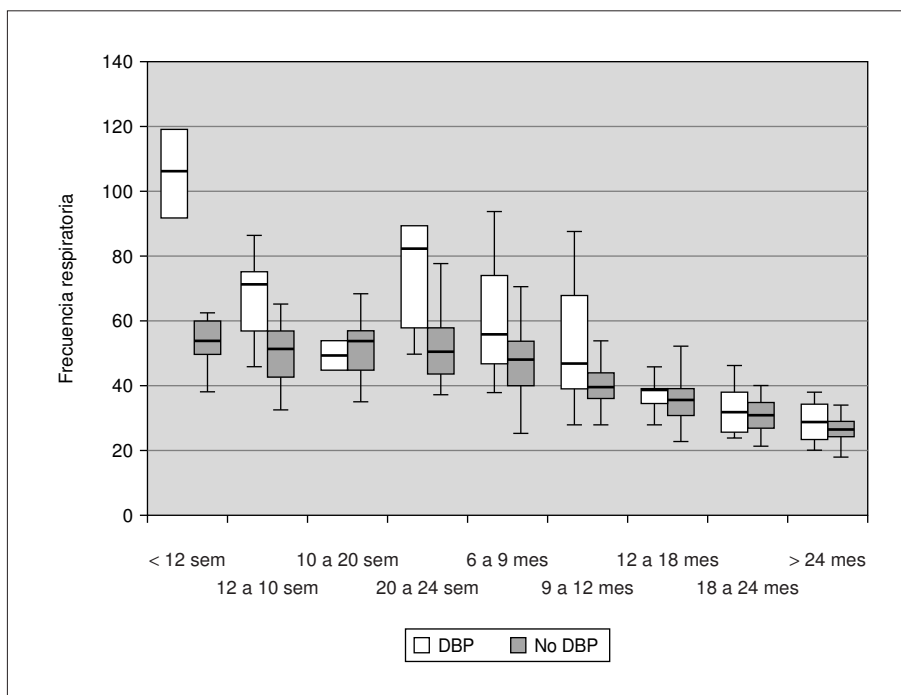


Figura 6. Evolución de valores de frecuencia respiratoria. DBP: displasia broncopulmonar.

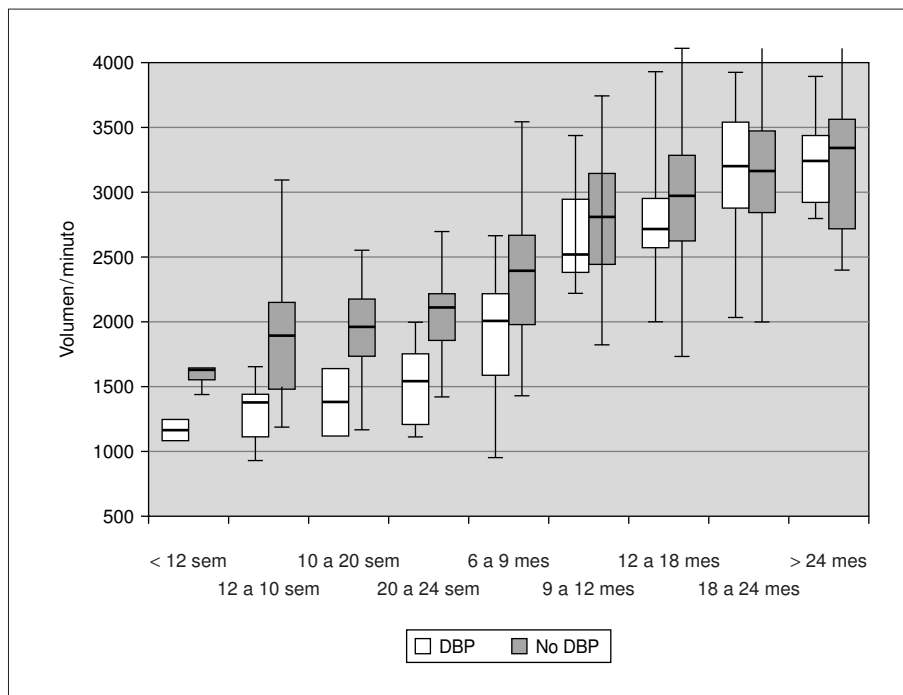


Figura 7. Evolución del volumen minuto. DBP: displasia broncopulmonar.

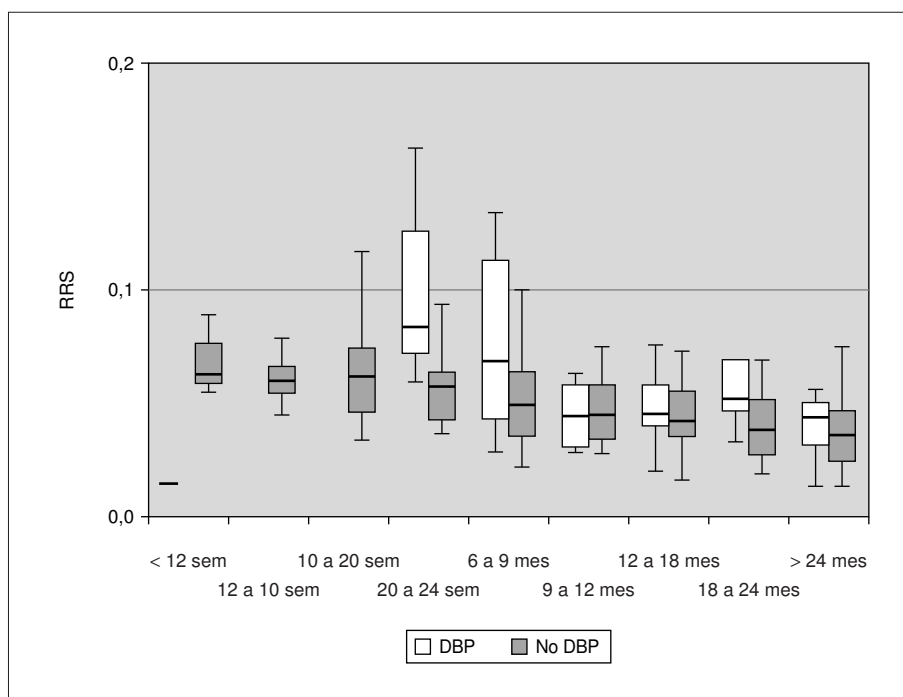


Figura 8. Evolución de la resistencia de la vía aérea. DBP: displasia broncopulmonar.

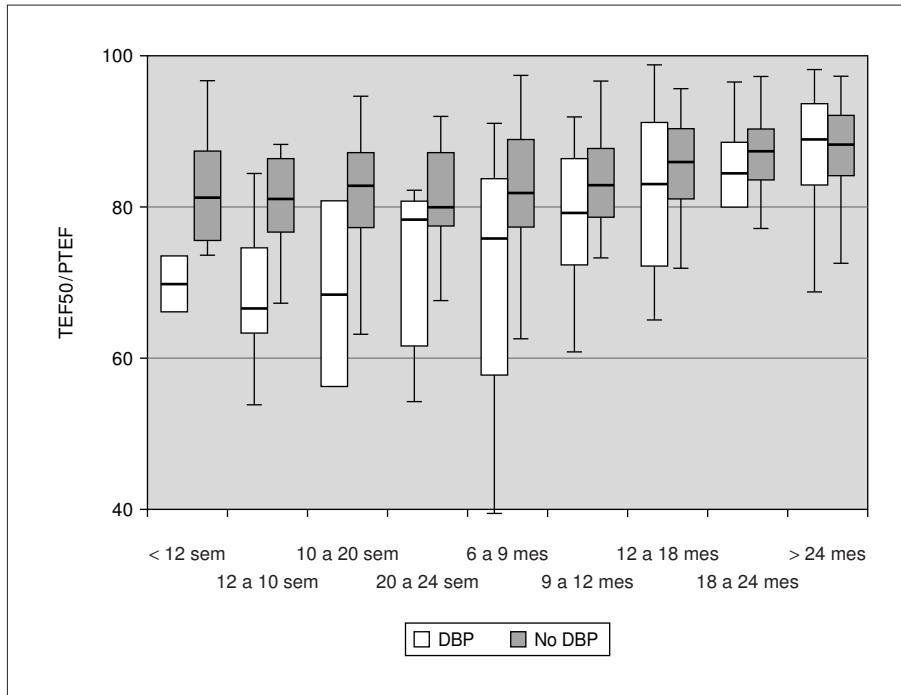


Figura 9. Evolución de la relación TEF50 = respecto a PTEF. PTEF: pico de flujo espiratorio; TEF50: flujo espiratorio al 50% del volumen. DBP: displasia broncopulmonar.

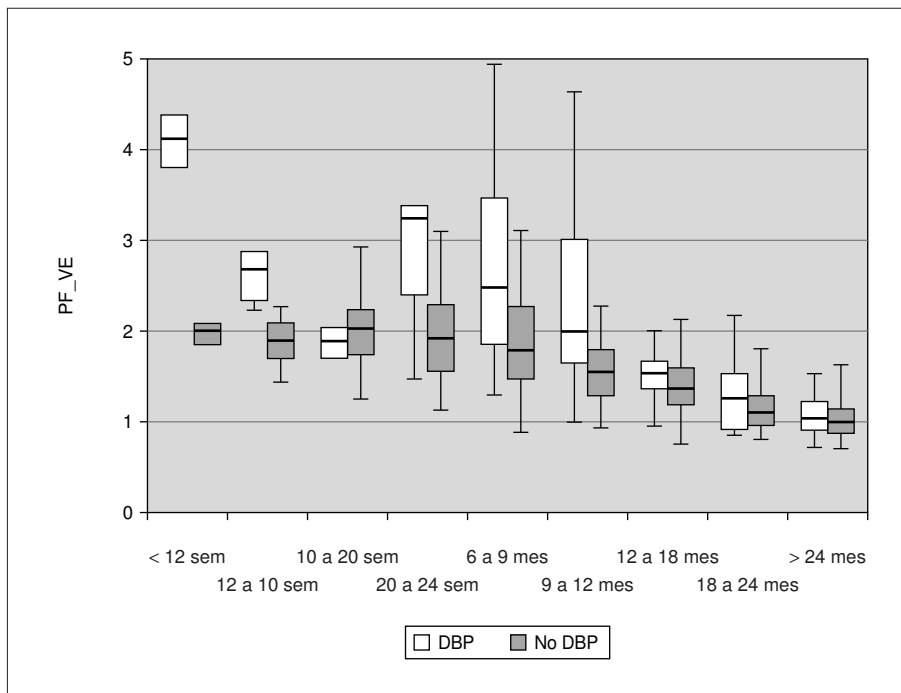


Figura 10. Evolución del flujo máximo espiratorio respecto al volumen espiratorio. DBP: displasia broncopulmonar.

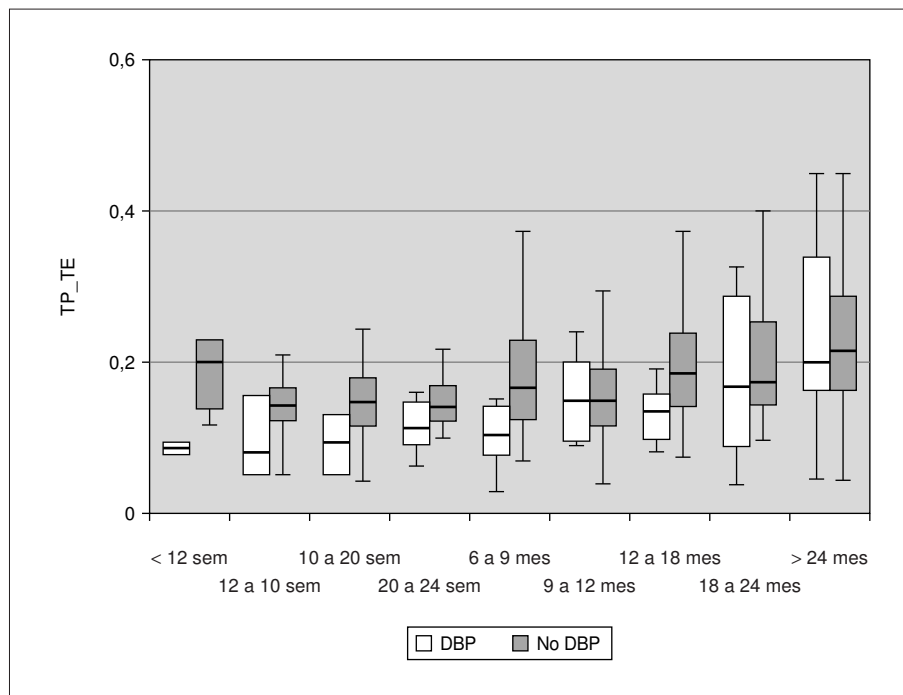


Figura 11. Evolución del porcentaje del tiempo espiratorio al flujo máximo. DBP: displasia broncopulmonar.

BIBLIOGRAFÍA

- González Pérez-Yarza E. La Función pulmonar en el lactante. Libro de Ponencias, II Curso sobre la Función Pulmonar en el Niño (Principios y Aplicaciones). San Sebastián, 1999; p. 32-8.
- Hyatt RE, Black LF. The flow volume curve. *Am Rev Resp Dis* 1973;107:191-9.
- Wise PH, Krauss AN, Waldman S, Auld PAM. Flow-volume loops in newborn infants. *Crit Care Med* 1980;8:61-3.
- Hyatt RE, Black LF. The flow volume curve. *Amer Rev Resp Dis* 1973;107:191-9.
- Wise PH, Krauss AN, Waldman S, Auld PAM. Flow-volume loops in newborn infants. *Crit Care Med* 1980;8:61-3.
- Godfrey S, Bar-Yshay E, Arad I, et al. Flow-volume curves in infants with lung disease. *Pediatr* 1983;72:517-22.
- Tepper RS, Cota KA, Wilcox EL, Taussig LM. Tidal expiratory flow-volume curves: A simple non-invasive test of pulmonary function in sick and healthy infants (abstract). *Am Rev Resp Dis* 1983;(Suppl 4):217.
- Olinsky A, Bryan AC, Bryan MH. A simple method of measuring total respiratory system compliance in newborn infants. *S Afr Med J* 1976;50:128-30.
- Tepper RS, Pagtakhan RD, Taussig LM. Noninvasive determination of total respiratory system compliance in infants by the weighted spirometer method. *Am Rev Resp Dis* 1984;130:461-6.
- Gappa M, Colijn AA, Goetz J, Stocks J. Passive respiratory mechanics: The occlusion techniques. *Eur Respir J* 2001;17:141-8.
- Oswald-Mammosser M, Llerena C, Speich JP, Donata L, Lonsdorfer. Measurements of respiratory system resistance by the interrupter technique in healthy and asthmatic children. *Pediatr Pulmonol* 1997;24:78-85.
- Bridge PD, Ranganathan S, McKenzie SA. Measurement of airway resistance using the interrupter technique in preschool children in the ambulatory setting. *Eur Respir J* 1999;13:792-6.
- Zuriarrain Y, Villa JR, Campelo O, Almería E, Salcedo A. Medición de resistencias por interrupción mediante SpiroDyn en población infantil (Abstract). *An Esp Pediatr* 2001;54(Supl 2):60-1.
- Klug B, Bisgaard H. Specific airway resistance, interrupter resistance, and respiratory impedance in healthy children aged 2-7 years. *Pediatr Pulmonol* 1998;25:322-31.
- Zuriarrain Y, Villa JR, Pastor MD, Almería E. Resistencias por interrupción en niños: valores de normalidad (abstract). *An Esp Pediatr* 2002;53(Supl 2):69-70.
- Gerhardt T. A simple method for measuring functional residual capacity by N₂ washout in small animals and newborn infants. *Pediatr Res* 1985;19:1165-9.
- Krauss AN. Measurement of functional residual capacity in distressed neonates by helium rebreathing. *J Pediatr* 1970;77:228-32.
- Alder S, Wohl ME. Flow-volume relationship at low lung volumes in healthy term newborn infants. *Pediatrics* 1978;61:636-40.
- Taussig LM, Landau LI, Godfrey S, Arad I. Determinants of forced expiratory flows in newborn infants. *J Appl Physiol* 1982;53:1220-7.
- Motoyama EK. Pulmonary mechanics during early postnatal years. *Pediatr Res* 1977;11:220-3.
- Villa Asensi JR, Zurriarrain Reyna Y. Niños no colaboradores: resistencias oscilatorias y por interrupción. IV Curso de la Función Pulmonar en el Niño (Principios y Aplicaciones). San Sebastián, 2003.
- Dubois AB, Brody AW, Burges BE. Oscillation mechanics of lungs chest in man. *J Appl Physiol* 1956;8:587-94.

23. Stanescu D, Moavero NE, Veriter C, Brasseur L. Frequency dependend respiratory resistance in healthy children. *J Appl Physiol* 1979;47:268.
24. Masters IB. Longitudinal study of lung mechanics in normal infants. *Ped Pulm* 1987;3:37.
25. Schaeffer DA. Correlation between tidal expiratory flow volume (TEFV) measurements and dynamic mechanics in infants with bronchopulmonary dysplasia (abstract). *Am Rev Resp Dis* 1987;135.
26. Martínez Gimeno A, García Hernández G, Martín Ferrer M, Villa Asensi J, Lopes-Silvarrey A, Nogales Espert A. Valoración de la función pulmonar del lactante mediante curvas de flujo espiratorio parcial forzado con chaquetilla neumática: patrones normales y patológicos. *An Esp Pediatr* 1994;40:279-83.
27. Alan H. Jobe, Bancalari E. Bronchopulmonary Dysplasia. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:1723-9.
28. Lodrup Carlsen KC. Tidal breathing at all ages. *Monaldi Archives for Chest Disease* 2000;55:427-34.