

DETERMINACION DE LA COMPLIANZA TORACOPULMONAR EN NIÑOS SANOS Y ASMATICOS POR UN METODO NO INVASIVO

LABORATORIO DE FUNCION PULMONAR DEL HOSPITAL
PEDIATRICO DOCENTE "WILLIAM SOLER" Y LABORATORIO
DE FISIOLOGIA RESPIRATORIA DEL INSTITUTO
DE CIENCIAS BASICAS Y PRECLINICAS
"VICTORIA DE GIRON"

C. Dr. Roberto Hernández Najarro, Dr. Jaime Va-
lenti Pérez,** Dra. Ana María Muñiz Calá,*** y
C. Dr. Antonio Barber Gutiérrez*****

RESUMEN

Se determinó la complianza del sistema respiratorio (Crs) a 40 niños sin antecedentes de enfermedades respiratorias y 81 asmáticos en el periodo intercrisis, por el método no invasivo de la pesada espirométrica (WSM), que mide cambios de volumen y presión del sistema respiratorio-espirómetro cuando la campana es comprimida por un peso colocado sobre ésta, mientras el niño realiza respiraciones tranquilas. Los resultados no detectaron cambios de la complianza toracopul-

* Candidato a Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de I Grado en Fisiología Normal y Patológica. Profesor Auxiliar de Fisiología de la Facultad de Medicina "Enrique Cabrera" del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana.

** Especialista de I Grado en Histología Normal. Profesor Auxiliar de Histología del Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón" del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana.

*** Especialista de I Grado en Alergología.

**** Candidato a Doctor en Ciencias Biológicas. Especialista de II Grado en Fisiología Normal y Patológica. Profesor Titular de Fisiología del Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón" del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana.

monar en los niños sanos con la edad, lo cual fue puesto de manifiesto en los asmáticos, probablemente por broncoconstricción mantenida en el periodo de intercrisis. Se recomienda este método para vigilar las modificaciones de la elasticidad pulmonar durante la enfermedad o durante el tratamiento, por el hecho de ser una prueba simple al alcance de la mayor parte de los servicios de función pulmonar del país.

INTRODUCCION

Para medir la complianza estática en niños, se han ensayado varios métodos en dependencia de la edad de los niños. En niños mayores se ha podido medir la complianza mediante la técnica llamada "del flujo interrumpido"¹ y el registro de las curvas de presión-volumen durante una espiración lenta a baja velocidad de flujo obtenida después de una inspiración máxima² uno otro métodos han sido criticados por depender en gran medida de la cooperación de los niños y porque éstos, a menudo, son incapaces de abrir totalmente la glotis durante una espiración lenta, con lo cual la presión intratorácica se desplaza hacia el lado positivo en el registro de la curva presión-volumen de la parte espiratoria lenta y la complianza estática se hace mayor.^{3,4} Un método propuesto en su lugar conocido como "complianz espiratoria final"⁵ tiene el inconveniente de utilizar un balón intraesofágico para la medición de las presiones intratorácicas, método invasivo no recomendado en niños. La evaluación funcional de las propiedades elásticas de los pulmones en niños menores, sanos y enfermos ha provenido de mediciones directas de complianza de los pulmones solamente⁶⁻¹¹ e indirectamente, de mediciones de complianza de los pulmones y la pared del tórax en serie.¹²⁻¹⁵

De estos trabajos resulta evidente que la determinación de la complianza estática del pulmón (Cst) durante la infancia no es práctica, a menos que el niño sea anestesiado, intubado y paralizado, que es otra de las técnicas usadas.^{6,12} Por otra parte, la medición de la complianza dinámica del pulmón (Cdyn) en niños respirando espontáneamente requiere de un registro de presión intraesofágica que aproximadamente le mide la presión pleural,^{16,17} técnica que también es invasiva y como todas las de este tipo, tiene errores asociados con el uso del balón esofágico.^{18,19} Además, la Cdyn puede dar valores más bajos que la Cst por la dependencia de la frecuencia respiratoria de Cdyn en este grupo de edades, lo que puede no reflejar exactamente las propiedades intrínsecas de los pulmones.²⁰

Se ha determinado la complianza del sistema respiratorio (Crs) en niños al medir el cambio de presión cuando los pulmones son inflados manualmente a un volumen conocido, bajo la anestesia y bloqueo neuromuscular²¹ o por la técnica de la inhibición del esfuerzo inspiratorio durante el reflejo de, inflación,²² el cual es un método simple y no invasivo, aunque no puede ser aplicable a niños de todas las edades, porque la apnea del reflejo de inflación disminuye en intensidad a partir del nacimiento.²²

En 1965 fue descrita por Cheniack y Brown²³ una técnica no invasiva de medición de complianza, la cual fue empleada posteriormente²⁴ en niños hasta de 4 años de edad. Esta técnica conocida como de la pesada espirométrica (WSM) fue diseñada para la medición de la Crs; sin embargo, Tepper et al.²⁵ apuntan que la Crs se aproxima mucho a la Cst en niños a causa de la alta complianza de su pared torácica, y, por tanto, su gran distensibilidad. Los estudios de las propiedades elásticas de los pulmones en adultos sanos han demostrado una reducción de la presión de retracción elástica con la edad. Sin embargo, los datos fisiológicos sobre elasticidad pulmonar en sujetos jóvenes en periodo de crecimiento, están basados principalmente, en mediciones dinámicas.^{26,27}

La complianza pulmonar dinámica específica se define como la complianza dinámica dividida por los volúmenes pulmonares estáticos, pero dada la relación entre la talla pulmonar y la talla física se calcula también dividiendo la complianza por la altura o el peso del sujeto.²⁵ Los datos sobre complianza pulmonar dinámica específica han sugerido que la elasticidad pulmonar no cambia durante el crecimiento,²⁸ pero la complianza dinámica por sí misma no es una expresión adecuada de la elasticidad pulmonar, porque ésta representa solamente una parte de la relación presión-volumen en los pulmones y es dependiente de la frecuencia respiratoria.²⁸ La vía para el estudio de la elasticidad propiamente ha de hacerse midiendo la presión de retracción elástica de los pulmones en relación con la capacidad vital (o a la capacidad pulmonar total) y la complianza estática. No obstante, se han investigado 3 causas de posibles errores técnicos en la medición de la presión elástica del pulmón: la influencia del flujo de aire, la elastancia del esófago, el gradiente vertical de presión del esófago, el efecto de los músculos respiratorios.²⁸

Por otra parte, varias enfermedades pulmonares se acompañan de cambios en las propiedades elásticas de los pulmones en niños y adolescentes, por lo que el estudio de la elasticidad pulmonar en niños con enfermedades respiratorias es de gran significación dada la importante información que puede obtenerse de las características mecánicas básicas del órgano enfermo.²⁸ El carácter irreversible de los cambios de la elasticidad del pulmón afectado por enfermedad, como apunta Johnson,¹ es un hecho más bien aplicable al adulto, que fueron los sujetos que estudio este autor. Los cambios en la complianza estática por alteraciones de la estructura, tienen los efectos reparadores del crecimiento y desarrollo del niño, como discuten en su trabajo Turner et al.²⁹ quienes estudiaron la velocidad de maduración pulmonar a partir del nacimiento y establecieron la relación entre la elasticidad de los pulmones humanos y la edad. No se pueden excluir, por tanto, en niños y adolescentes los efectos de una terapéutica favorable³⁰ y de ahí la trascendencia del empleo de un método simple, no invasivo y sensible capaz de conocer evolutivamente la complianza del sistema respiratorio.

El presente estudio fue diseñado para examinar la elasticidad pulmonar durante el periodo de crecimiento entre las edades de 7 a 14 años, mediante

la medición de la complianza estática del sistema respiratorio por el método no invasivo de la pesada espirométrica en niños clínicamente sanos, sin antecedentes de enfermedades respiratorias y en niños asmáticos en período de intercrisis.

MATERIAL Y METODO

Cuarenta niños normales en un rango de edades de 6 a 14 años clínicamente sanos, sin antecedentes de enfermedades respiratorias y 81 niños con diagnóstico de asma bronquial sin síntomas de crisis asmática en el momento de la prueba, evaluados por el examen físico, fueron estudiados en cuanto a su Crs. En uno y otro grupos, la medición realizada no fue precedida de ninguna premedicación sedante; la prueba fue realizada en horas de la mañana. Los niños sanos procedían de las escuelas de la Ciudad de La Habana y los enfermos de la consulta de Alergia del Hospital Pediátrico Docente "William Soler". La medición se realizó en posición sentada.

Se utilizó un espirómetro convencional de 9 litros de capacidad y un volumen eficiente de la campana de 8 litros sellada con agua, que formaba un circuito cerrado con los pulmones del niño. El espirómetro tenía un ventilador eléctrico, un absorbedor de bióxido de carbono y un suplemento regulable de oxígeno; su espacio muerto era de 4 litros aproximadamente. La presión fue medida por una vía lateral para lo cual se utilizó un manómetro de agua en U (figura 1).

Después de establecer un nivel espiratorio de reposo (NER) constante mediante el ajuste del suplemento de oxígeno, se colocó un peso sobre la campana del espirómetro (en su parte media), lo cual produjo una presión positiva continua dentro del circuito respiratorio-espirómetro y aumentó el NER (figura 2). Los niños respiraban hasta que el nuevo nivel alcanzado se mantenía constante al menos por 7 respiraciones tranquilas. El peso fue entonces retirado y el NER del niño regresaba a la línea de base, estando en condiciones de comenzar un nuevo test. En total, a cada niño se le realizaron 3 mediciones aceptables y se tomó el promedio de las 3. La complianza del circuito del respirómetro fue medida aplicando el peso a la campana con la llave de 3 vías en posición cerrada. El valor de complianza del equipo fue de 50 mL/cm H₂O, utilizando el peso de 1 kg. La Crs fue calculada como se ilustra en la figura 2. La complianza del circuito respiratorio-espirómetro se obtuvo al dividir el cambio de volumen por el cambio de presión, ambos deltas obtenidos por el descenso de la campana del respirómetro, al colocar el peso sobre ésta. Como se observa en la figura 2, los valores del desplazamiento de las gráficas de volumen y presión representaron a su vez los cambios de volumen y presión en el circuito causados por el peso añadido. La Crs fue obtenida restando a la complianza del circuito respiratorio-espirómetro, la complianza del circuito del espirómetro. El resultado fue convertido a BTPS. El efecto de la compresión del gas dentro de los pulmones, no se tomó en consideración.

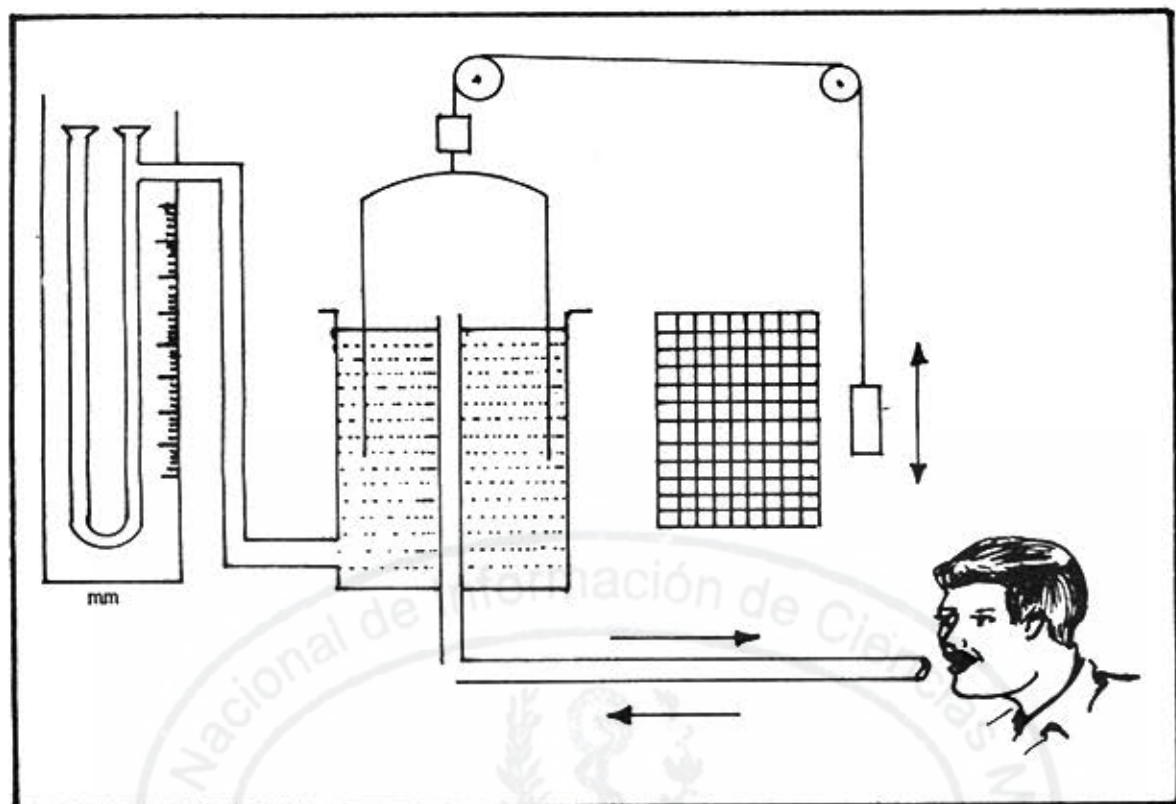


FIGURA 1. Espirómetro con manómetro en U acoplado.

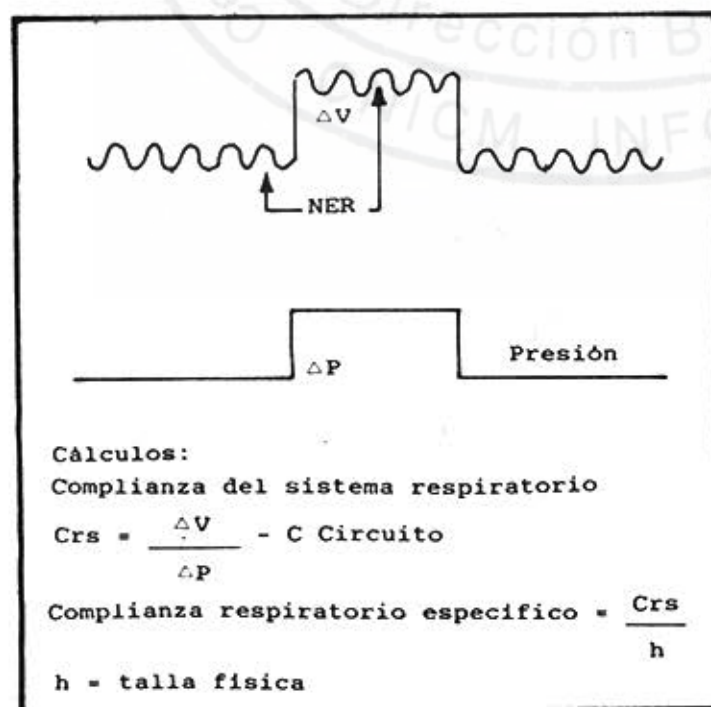


FIGURA 2. Esquema del registro de volumen y presión durante la medición complianza por el método de la WSM.

Los niños fueron agrupados por rangos de edades. tanto los normales como los asmáticos, y así, se estudió la complianza del grupo de niños de 6 y 7 años de 8 y 9, de 10 y 11 de 12, 13, 14. Para evaluar la confiabilidad del método usado en la medición de la Crs se comparó el promedio de los valores obtenidos con el promedio de los calculados según ecuaciones: de Von Der Hardt et al:³

Log Cst = 1.45462 por log H - 1.09344, de Zapletal et al.²⁸

Log Cst = 2.0817 por log H - 2.3699.

La complianza está dada en mL/cm H₂O, donde H es la talla física del niño. Estos autores obtuvieron estas ecuaciones a partir de mediciones de complianza en niños, mediante la técnica clásica del balón intraesofágico. También se comparó la complianza específica de cada grupo de edad de los niños sanos contra el grupo similar de los niños asmáticos. Se realizó el estadígrafo de los grupos objeto de comparación mediante un análisis de varianza, y se tomó F para 1-alfa = .95 como el nivel de significación estadístico aceptado. La probabilidad dada por el programa de computación MICROSTAT fue analizada, según que fuese mayor o menor que 0.05 para aceptar o rechazar la hipótesis Ho = la complianza de los grupos no es diferente.

RESULTADOS

La comparación del promedio de la complianza realizada por el método de WSM vs las ecuaciones de Zapletal y Hardt dio una probabilidad de 1 por 10⁻¹³ y 5 por 10⁻¹⁴ respectivamente: los promedios de complianza en los niños comprendidos en las edades estudiadas, fue más bajo por el método del balón intraesofágico que por el método del WSM. A su vez la comparación entre los resultados de las ecuaciones de los referidos autores, tuvo probabilidad de 9.5 por 10⁻¹⁴.

El estadígrafo de los niños normales se muestra en la tabla 1. Los niños asmáticos de 10 y 11 años tuvieron una complianza específica media de 2.04 ± 0.81 mL/cm H₂O (tabla 2), mientras que en las de 8 a 9, fue de 1.59 ± 0.50 mL/cm H₂O y en los de 12 y 14 fue de 1.48 ± 0.55 mL/cm H₂O.

La complianza específica del grupo de niños normales de 6 a 7 años, comparada contra las de 8 a 9, tuvo una probabilidad de 0.2175 (tabla 3). La de estas edades (8 a 9) contra la del grupo de edades de 10 y 11 años, dio una probabilidad de 0.0775 y finalmente, la comparación entre la complianza específica de los niños normales en las edades 10 y 11 vs 12 a 14, tuvo una probabilidad de 0.0957. En resumen, los niños normales no modificaron su complianza específica con la edad, pues siempre fue mayor que 0.05 entre los diferentes grupos de edades (tabla 3). El mismo análisis anterior se hizo al comparar iguales grupos de edades en niños asmáticos (tabla 4). Fue significativa la comparación de la complianza específica de los niños de 8 y 9 años vs 10 y 11 (probabilidad 0.0134) y de 10 y 11 años vs 12 a 14 (probabilidad 0.0205).

TABLA 1. Estadigrafo de complianza toracopulmonar específico en niños normales

N = 40	Edad (años)	Crs esp*	
		mL/cm	H ₂ O/cm
		$\bar{X}$	SD
7	6 - 7	1.598	0.613
7	8 - 9	2.005	1.114
8	10 - 11	1.468	0.566
18	12 - 14	1.366	0.531

* Crs esp = Complianza.
Talla

TABLA 2. Estadigrafo de complianza toracopulmonar específica en niños asmáticos

N = 81	Eda (años)	Crs esp.	
		mL/cm	H ₂ O/cm
		$\bar{X}$	SD
12	6 - 7	1.730	0.855
24	8 - 9	1.596	0.507
28	10 - 11	2.040	0.813
17	12 - 14	1.485	0.557

TABLA 3. Prueba de hipotesis en niños normales (complianza) específica

Edades (años)	Probabilidad	Significación
6 - 7 vs 8 - 9	.2175	No
8 - 9 vs 10 - 11	.0775	No
10 - 11 vs 12 - 14	.0957	No

TABLA 4. Prueba de hipótesis en niños asmáticos (compliance) específica

Edades (años)	Probabilidad	Significación
6 - 7 vs 8 - 9	.1351	No
8 - 9 vs 10 - 11	.0134	Si
10 - 11 vs 12 - 14	.0205	Si

Cuando se comparó la compliance específica mediante la utilización del mismo grupo de edades, entre normales y asmáticos no hubo significación entre ninguno de los grupos.

DISCUSION

La significación entre los resultados de la medición de compliance por el método WSM y el del balón esofágico en niños sanos, demuestra que uno y otro métodos no son comparables, si bien lo fue la muestra estudiada por nosotros (Von Der Hardt³ y Zapleta²⁸).

Entre los autores citados que utilizaron el método del balón esofágico también hubo significación entre sus resultados, y aunque la nuestra utilizada por estos autores también fue comparable, hay factores que determinan diferencia estadística entre los resultados, principalmente los vinculados a la posición o el llenado del balón.

El método de la pesada espirométrica fue lo suficientemente seguro como para ofrecer datos referentes a que la compliance específica en niños normales no se modifica sustancialmente con la edad, aunque tiene tendencia a aumentar hasta los 9 años y luego estabilizarse hasta los 14 años. Las medias oscilaron desde 1.59 mL/cm H₂O a los 6 años hasta 2.0 a los 9 años y 1.366 a los 14 años. Fue también una prueba sensible, pues variaciones en la compliance específica en los niños asmáticos. La disminución de la compliance específica de estos niños probablemente refleja un estado mantenido de obstrucción bronquial aun en período asintomático. Sin embargo, el grado en que la enfermedad ha modificado la propiedad elástica de los pulmones aun es ligera, ya que los valores promedio de todo el grupo no tienen diferencias con los niños sanos.

Dado lo simple y lo no invasivo de la prueba, con los antecedentes aportados por estos datos, la medición de la compliance por el método de la pesada espirométrica resulta útil para el seguimiento longitudinal de niños asmáticos, lo que permite vigilar las modificaciones del componente elástico pulmonar. Si la compliance ($\frac{\Delta V}{\Delta P}$) disminuye, se está yendo hacia un pulmón que necesita de mayor presión intrapleurale para llenarse o va-

ciarse, tal como ocurre en las situaciones de fibrosis pulmonar. Si la complianza aumenta, el pulmón se está haciendo más distensible y es lícito pensar en una complicación enfisematosa. La complianza del WSM por su asequibilidad también es recomendable como un método de control evolutivo de tratamiento en los asmáticos.

La medición de la complianza por el método de la pesada espirométrica no detectó cambios en la complianza específica de niños sanos durante su desarrollo y si en los niños asmáticos en intercrisis, en los que la complianza disminuyó en el 6,9 % entre las edades de 8 a 14 años. Se trata de una prueba mecánica no invasiva, objetiva, idónea para niños de corta edad, que se propone para el seguimiento evolutivo periódico de su enfermedad asmática o de un tratamiento.

SUMMARY

Respiratory system compliance was determined in 40 children without history of respiratory diseases and in 81 asthmatics in the intercrisis period by the non-invasive technique of spirometric weighing. This technique measures volume and pressure changes in the respiratory-spirometric system when the bell is compressed by a weight put upon it, while the child performs quiet respirations. Results do not find changes in chest-lung compliance in healthy children with age, which became apparent in asthmatics, probably due to sustained bronchoconstriction in the intercrisis period. This method is recommended to monitor changes in lung elasticity during disease or treatment because it is a simple test available to most pulmonary function services in the country.

RESUME

Les auteurs ont déterminé la compliance du système respiratoire (Crs) de 40 enfants sans antécédents de maladies respiratoires et de 81 asthmatiques pendant la période intercrises. Dans ce but ils ont utilisé la méthode non invasive de la "pesée" spirométrique (WSM), qui mesure les changements du volume et de la pression du système respiratoire-spiromètre lorsque la cloche est comprimée par un poids placé sur celle-ci, tandis que l'enfant respire tranquillement. Les résultats n'ont pas détecté de changement de la compliance thoraco-pulmonaire chez les enfants sains en rapport avec l'âge, mais chez les asthmatiques, vraisemblablement dus à la broncho-constriction maintenue pendant la période intercrises. On recommande cette méthode pour la surveillance des modifications de l'élasticité pulmonaire au cours de la maladie ou du traitement, puisqu'il s'agit d'une épreuve simple qui est à la portée de la plupart des services de soins de la fonction pulmonaire du pays.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. JOHNSON, B.: Pulmonary mechanics in normal men studied with the flow regulator method. Scand J clin Lab Invest 25: 363, 1970.
2. HUANG, Y. C.; G. G. WEINMANN; M. MITZNER: Effect of tidal volume and frequency on the temporal fall in the lung compliance. J Appl Physiol 6: 2040, 1988.

3. GLINOMEYER, H. W. ET AL.: Spirometry: quantitative test criteria and test acceptability. *Am Rev Respir Dis* 136: 449, 1987.
4. WILSON, T. A.: Mechanics of compartmental models of the chest wall. *J Appl Physiol* 6: 2261, 1988.
5. HARDT, H.; VON DER: F. GEUBELLE: Relationship between endoesophageal and intrathoracic pressures in children. *Respiration* 30: 252, 1973.
6. LUNN, J. N.: Measurements of compliance in apnoeic anaesthetized infants. *Anaesthesia* 23: 175, 1968.
7. STOKES, G. M. ET AL.: Measurement of work of breathing in infancy. *Pediatr Res* 15: 22, 1981.
8. LINDROTH, M. ET AL.: Pulmonary mechanics in early infancy. Subclinical grunting in low-birthweight infants. *Pediatr Res* 15: 979, 1981.
9. HELMS, P.; M. G. HULSE; D. J. HATCH: Lung volume and lung mechanics in infancy, lateral or supine position? *Pediatr Res* 16: 943, 1982.
10. MORRAY, J. P. ET AL.: Improvement in lung mechanics as a function of age in the infant with severe bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr* 16: 290, 1982.
11. YEH, T. F. ET AL.: Lung volume, dynamic lung compliance, and blood gases during the first 3 days of postnatal life in infants with meconium aspiration syndrome. *Crit Care Med* 10: 588, 1982.
12. NIGHTINGALE, D. A.; C. C. RICHARD: Volume pressure relations of the respiratory system of curarized infants. *Anesthesiology* 26: 710, 1965.
13. MORTOLA, J. P. ET AL.: Dynamics of breathing in infants. *J Appl Physiol* 52: 1209, 1982.
14. SIMBRUNER, G. ET AL.: Respiratory compliance of newborns after birth and its prognostic value for the course and outcome of respiratory disease. *Respiration* 43: 414, 1982.
15. KRAYER, S. ET AL.: Volume quantitation of chest wall motion in dogs. *J Appl Physiol* 6: 2213, 1988.
16. BREADSMORE, C. S. ET AL.: Improved esophageal balloon technique for use in infants. *J Appl Physiol* 49: 735, 1980.
17. HELMS, P.; C. S. BEARDSMORE; J. STOCKS: Absolute intraesophageal pressure at functional residual capacity in infancy. *J Appl Physiol* 51: 270, 1981.
18. AVERY, M. E.; B. C. FLETCHER; R. G. WILLIAM: The lung and its disorders in the newborn infant. 4th. ed. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1981, pp. 76-78.
19. STEINBRUGGER, B. ET AL.: Influence of the "Squeeze Jacket" on lung function in young infants. *Am Rev Respir Dis* 138 (5): 1258, 1988.
20. RODARTE, J. R.; Y. C. FUNG: Distribution of stresses within the lung. *Handbook of Physiology. Section 3: The Respiratory System. V. III. Mechanics of Breathing. (part 1)* Maryland, Ed. Am Phys Soc, 1986, p. 234.
21. BERGER, R.; N. K. BURKI: The effects of posture on total respiratory compliance. *Am Rev Respir Dis* 125: 262, 1982.
22. DESCHAMPS, C.; J. R. RODARTE; T. A. WILSON: Coupling between rib cage and abdominal compartments of the relaxed chest wall. *J Appl Physiol* 6: 2261, 1988.
23. CHERNIACK, R. M.; E. BROWN: A simple method for measurement total respiratory compliance: normal value for males. *J Appl Physiol* 20: 87, 1965.
24. GUILLOT, R. F.: A comparison of two methods of evaluating total thoracic compliance. *Am Rev Respir Dis* 108: 62, 1973.
25. TEPPER, R. S.; R. D. PAGTAKHAN; L. M. TAUSSIG: Noninvasive determination of total respiratory system compliance in infants by the weighted-spirometer method. *Am Rev Respir Dis* 130: 461, 1984.
26. GREAVES, I. A.; J. HILDEBRANT; F. G. HOPPIN Jr.: Micromechanics of the lung. *Handbook of physiology. Section 3: The Respiratory System. V. III. Mechanics of Breathing (part 1)* Maryland, Ed. Am Phys Soc, 1986, p. 217.

27. ENRIGHT, P.L.; R. E. HYATT: A practical guide to the selection and use of spirometer. Office Spirometer. Philadelphia, Ed. Lea and Febiger, 1987, p. 25.
28. ZAPLETAL, A.; H. SAMANEK: Lung elasticity in children and adolescents with lung disease. Mod Probl Paediat 21: 27, 1982.
29. TURNER, J. M.; J. MEAD; H. E. WOHL: Elasticity of human lungs in relation to age. J Appl Physiol 25: 664, 1968.
30. TARLO, S. M. ET AL.: Six-month double-blind, controlled trial of high dose, concentrated beclomethasone dipropionate in the treatment of severe chronic asthma. Chest 93: 998, 1988.

Recibido: 20 de agosto de 1989. aprobado: 1 de octubre de 1989.

Dr. Roberto Hernández Najarro. Hospital Pediátrico "William Soler". San Francisco No. 10112, La Habana 10800.

