

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS MEDICAS DE VILLA CLARA.
LABORATORIO DE FISILOGIA RESPIRATORIA

Influencia de la edad y el desarrollo del torax sobre los volúmenes respiratorios más utilizados en la evaluación de niños asmáticos

Por:

Dr. ROBERTO HERNANDEZ NAJARRO,* Ing. JUAN JOSE TAPANES,**
Dra. MARIA P. ROJAS CHAVEZ*** y Dr. ANTONIO BARBER GUTIERREZ, C. Sc.****

Hernández Najarro, R. y otros. *Influencia de la edad y el desarrollo del tórax sobre los volúmenes respiratorios más utilizados en la evaluación de niños asmáticos*. Rev Cub Ped 54: 1, 1982.

Se estudió la capacidad vital (VC), el volumen espiratorio forzado a 0,75 seg ($FEV_{0,75}$), el flujo máximo medio espiratorio (MMEF_{25-75%}) el volumen de ventilación voluntario máximo (MVV) y el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) por minuto en reposo en 238 niños, de

* Jefe del laboratorio de fisiología respiratoria, del Instituto Superior de Ciencias Médicas de Villa Clara, Santa Clara, Cuba.

** Investigador del Instituto de Protección del Trabajo, Comité Estatal del Trabajo y Seguridad Social.

*** Instructora graduada de fisiología. ISCM-V.C.

**** Jefe del laboratorio de fisiología respiratoria del ISCM de La Habana, Profesor Titular de Fisiología.

ellos 198 clínicamente sanos y 40 asmáticos en período intercrisis. Se obtuvieron las rectas de regresión para VC en niños sanos y asmáticos, siendo más significativas para los primeros. Las correlaciones para $FEV_{0,75}$ fueron significativas sólo para los niños sanos y resultados similares se obtuvieron para $MMEF_{25-75\%}$ y VO_2 . Se comprobó que la edad, la superficie corporal, la estatura y el desarrollo torácico influyen en la capacidad pulmonar mientras la fuerza muscular del tórax influye poco en los volúmenes dinámicos.

INTRODUCCION

Es clásico en la investigación de las pruebas de función pulmonar, la búsqueda de los llamados "valores predecibles", con el propósito de tener una idea de cuál debe ser el valor de una prueba funcional respiratoria en un sujeto dado y compararla entonces con el valor obtenido realmente.

Se ha utilizado el análisis de la correlación estadística, para orientar a los investigadores acerca de la dependencia de las pruebas de función pulmonar de algunas variables corporales, habiéndose utilizado elementos de la talla física, como la altura y el peso del sujeto, su superficie corporal, mediciones antropométricas (especialmente del tórax) y el metabolismo basal, entre otros.

El niño es un organismo que se encuentra en permanente desarrollo y otros autores¹⁻⁴ prefieren hacer sus correlaciones basados en la edad, pues han encontrado que la correlación entre la edad y la superficie corporal, u otros elementos en desarrollo como la amplitud de los diámetros torácicos, por ejemplo, es altamente positiva. Tales ideas se siguieron en el presente trabajo.

Uno de los inconvenientes que, según *Wood*,⁵ presentan estos estudios al pediatra, es el numeroso grupo de datos tomados en pacientes normales de diferentes latitudes (países) y que a menudo resulta desorientador para comparar a los niños entre sí.

Es por ello que los objetivos que se propone el presente estudio son los siguientes:

1. Estudiar solamente aquellas pruebas de función pulmonar que con mayor frecuencia se utilizan en la evaluación de niños asmáticos.
2. Correlacionar estas pruebas con la edad, separándolas por sexo, con el propósito de detallar las diferencias que existen entre varones y hembras, y así que estas correlaciones sirvan como un método simple lo más aproximado posible en el cálculo de los "valores predecibles".
3. Correlacionar las pruebas funcionales escogidas con el desarrollo del tórax, dado que esta parte del tronco en desarrollo tiene una poderosa influencia sobre la talla pulmonar y, por otro lado, este desarrollo se ve generalmente alterado en niños con enfermedades respiratorias crónicas.
4. Hacer el estudio en una población nuestra, influenciada por tanto por nuestros propios factores ecológicos.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron las siguientes pruebas funcionales: capacidad vital (VC), el volumen expiratorio forzado a 0,75 seg ($FEV_{0,75}$), el flujo máximo medio expiratorio entre el 25 y 75% del espirograma forzado ($MMEF_{25-75\%}$), el volumen de ventilación voluntario máximo (MVV), así como el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) por minuto, en reposo.

La muestra consistió en 238 niños elegidos al azar, de ambos sexos y de edades comprendidos entre los 6 y los 14 años, procedentes de diferentes escuelas de la ciudad de Santa Clara, provincia de Las Villas.

El grupo presentaba la siguiente composición: 198 niños eran clínicamente sanos y 40 eran asmáticos grados II y III, que en el momento de la medición se encontraban en un período intercrisis. De los 198 niños sanos, a 108 le fueron practicadas las maniobras de VC, $FEV_{0,75}$, $MMEF_{25-75\%}$ y $\dot{V}O_2$ y, a los 90 restantes, estas mismas pruebas más la MVV habiéndose medido a este grupo la circunferencia torácica (CT) la anchura biacromial (ABA), los diámetros anteroposterior (DAP) y transversal (DT) del tórax.

Los elementos que se tomaron en cuenta para clasificar a los pacientes normales fueron:

1. La no incidencia de enfermedades respiratorias.
2. Examen físico cardiorrespiratorio negativo.
3. Rx de tórax negativo.

A todos los niños se les determinó la talla (H en cm) y el peso corporal (W en kg). Para las mediciones antropométricas⁶ se utilizó una cinta métrica y un compás antropométrico (cm). Estas mediciones se llevaron a cabo con los sujetos de pie y descalzos, situados sobre un plano horizontal firme, los talones unidos y los brazos colgantes, las palmas de las manos hacia adentro y los dedos estirados. Se le llamó "desarrollo torácico" a la sumatoria de todas las mediciones antropométricas realizadas en el mismo.

La espirometría se realizó en posición sentada, con un espirógrafo⁷ convencional (Gould Godart Mod. 1600) de 9 litros de capacidad y baja resistencia. Los sujetos fueron entrenados previamente y a la mayoría de ellos se les repitió el espirograma en tres ocasiones, logrando con esto que los trazados no se vieran afectados por la inexperiencia del sujeto frente al equipo y reflejaran fielmente su situación respiratoria. Todas las mediciones se hicieron con oxígeno, en evitación de estímulos hipóxicos.

La temperatura del local osciló alrededor de los 27°C y el ambiente de la sala de pruebas era tranquilo. Todos los volúmenes fueron corregidos a BTPS y el consumo de O_2 a ATPS. A los 108 niños sanos y a los 40 asmáticos se les calculó la superficie corporal según el nomograma de *Dubois* y *Dubois*.⁸

El tratamiento estadístico del banco de datos abordó los asuntos siguientes: considerando que la distribución de los valores sigue una curva

normal, fueron eliminados aquellos valores que no estaban dentro del 95,5% ya que al calcular la desviación estándar⁹ de las muestras se eliminaron aquellos resultados que se encontraban por fuera de $\pm 2S$ de la media. Los valores de peso y talla de la muestra fueron comparados con los hallados por Jordán¹⁰ para nuestra población, hallándose éstos dentro de los valores de percentil 90 y 75, significando que nuestro grupo de niños es representativo de la población infantil cubana.

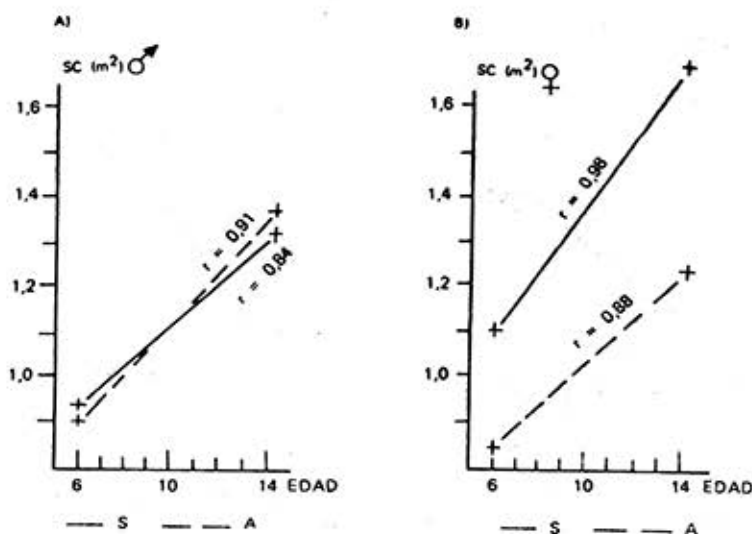
Para las correlaciones del desarrollo torácico, que implica la sumatoria de cuatro mediciones, se empleó un modelo lineal. En este caso, el tratamiento estadístico estuvo a cargo del Departamento de Matemática Cibernética de la Universidad Central de Villa Clara.

RESULTADOS

La correlación altamente significativa que mostró la edad de los niños con la superficie corporal¹¹ (SC en m²), tanto en varones como en hembras sanos (gráfico 1) nos permitió utilizar la edad para relacionar las variables respiratorias, aun en el caso de niños asmáticos.

La determinación de la capacidad vital (VC) es una de las pruebas más frecuentemente utilizadas en la evaluación de la función pulmonar. El cuadro I presenta las variaciones entre las edades, según los casos estudiados por nosotros. El gráfico 2 muestra las correlaciones de la edad con la capacidad vital (VC); las cuáles resultan altamente significativas en los niños sanos, pero menos significativas en los asmáticos.

Gráfico 1.

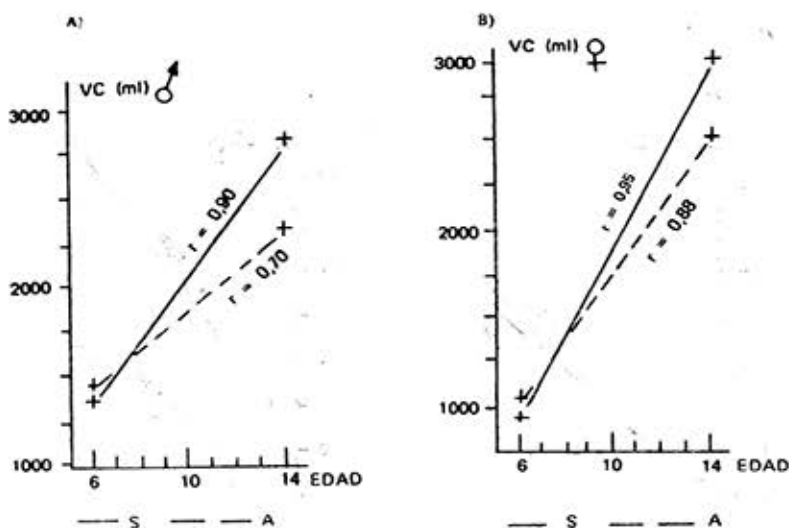


La edad en relación con la superficie corporal (SC en m²); en niños a) y niñas b). ——— sanos, - - - - - asmáticos.

CUADRO I
VALORES NORMALES DE CAPACIDAD VITAL (VC) EN NIÑOS SANOS

Niños					Niñas				
Edad (años)	No. (casos)	\bar{H} (cm)	VCVC (l)	SD (ml)	Edad (años)	No. (casos)	\bar{H} (cm)	VC (l)	SD (ml)
6	6	119,7	1,555	220,7	6	7	116,5	1,276	298,2
7	6	122,8	1,425	185,3	7	6	122,6	1,354	247,9
8	5	128,5	1,589	261,8	8	7	128,6	1,403	285,2
9	6	130,0	1,852	261,4	9	6	135,0	1,846	169,7
10	6	139,5	1,964	125,6	10	6	132,2	1,781	220,4
11	6	139,2	2,115	406,6	11	6	145,2	2,261	599,7
12	5	154,4	2,077	509,2	12	6	151,5	2,394	341,4
13	6	147,8	3,030	522,1	13	6	153,8	2,723	340,4
14	7	156,2	2,528	733,2	14	6	154,4	3,328	370,0

Gráfico 2.



La edad en relación con la capacidad vital (VC); a) niños, b) niñas. — sanos, - - - asmáticos.

A continuación exponemos las ecuaciones encontradas en estas correlaciones:

a) para niños sanos:

$$VC = 0,2745 + 0,1821 \times \text{Edad} \quad (1)$$

b) para niños asmáticos:

$$VC = 0,8190 + 0,1082 \times \text{Edad} \quad (2)$$

c) para niñas sanas:

$$VC = - 0,55 + 0,2571 \times \text{Edad} \quad (3)$$

d) para niñas asmáticas:

$$VC = - 0,0497 + 0,1849 \times \text{Edad} \quad (4)$$

Asimismo se encontró una ecuación general, tanto para los sanos como para los asmáticos, en función del peso y la talla física, que es:

$$VC = - 1152,32 + 46,5020W + 12,4241H \quad (5)$$

donde W peso corporal en kg

H talla del sujeto, en cm

cumpliéndose esta ecuación sólo para el 56,25% de todos los casos.

Otra de las mediciones de volumen dinámico, utilizada por su sencillez y abundante información sobre la situación de la mecánica pulmonar, es el FEV_{0,75}. El cuadro II resume los valores encontrados, y el gráfico 3 la correlación sólo estadísticamente válida para los niños sanos.

Las ecuaciones en estos casos fueron:

a) para niños sanos:

$$FEV_{0,75} = 183,77 + 147,70 \times \text{Edad} \quad (6)$$

b) para niñas sanas:

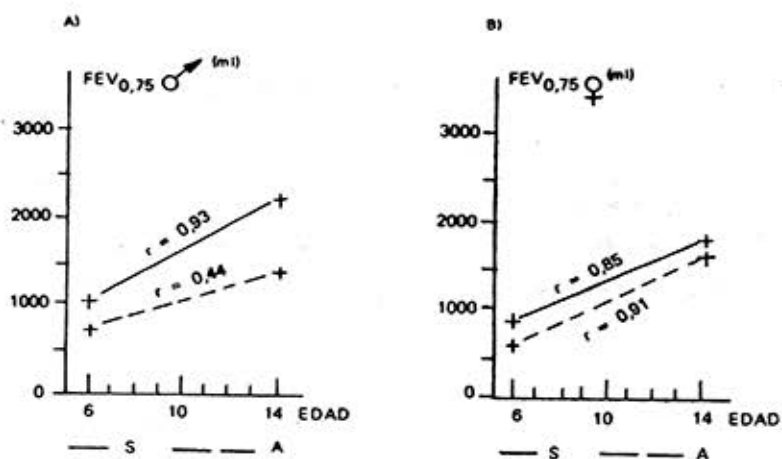
$$FEV_{0,75} = 169,10 + 118,29 \times \text{Edad} \quad (7)$$

El MMEF_{25-75%} presentó los valores que aparecen en el cuadro III y los coeficientes de correlación se exponen en el gráfico 4. Obsérvese el bajo

CUADRO II
VALORES NORMALES DE FEV_{0.75} EN NIÑOS SANOS

Edad (años)	Niños				Niñas				
	No. (casos)	H (cm)	FEV (ml)	SD (ml)	No. (casos)	H (cm)	FEV (ml)	SD (ml)	
6	6	119,7	1282,2	174,9	6	116,5	700,0	176,8	
7	6	122,8	1233,8	399,7	7	122,6	1075,0	384,9	
8	5	128,5	1013,0	214,8	8	128,6	1291,7	602,4	
9	6	130,0	1511,5	265,9	9	135,0	475,0	70,7	
10	—	—	—	—	10	6	132,2	600,0	163,9
11	6	139,2	1892,5	413,4	11	1	145,2	850,0	—
12	—	—	—	—	12	6	151,5	1156,2	297,0
13	6	147,8	2161,3	206,6	13	6	153,8	1675,0	237,3
14	7	156,2	2335,7	640,1	14	—	—	—	—

Gráfico 3.

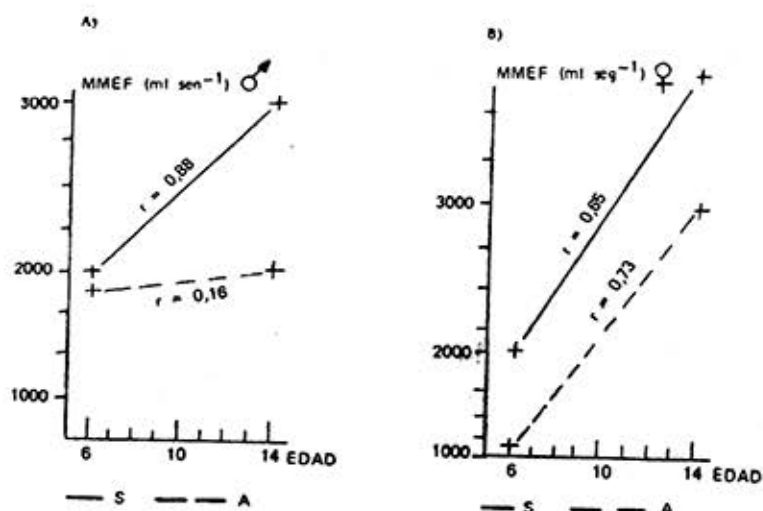


La edad en relación con el FEV_{0,75}; a) niños, b) niñas, — sanos, - - - asmáticos.

CUADRO III
VALORES NORMALES DE MMEF_{25-75%} EN NIÑOS SANOS

Niños					Niñas				
Edad (años)	No. (casos)	H (cm)	MMEF 25-75 (ml)	SD (ml)	Edad (años)	No. casos	H (cm)	MMEF 25-75 (ml)	SD (ml)
6	6	119,7	1945,1	580,9	6	6	116,5	1610,3	672,8
7	6	122,8	2496,9	655,9	7	6	122,6	2280,3	472,3
8	5	128,5	1913,6	664,1	8	7	128,6	1851,5	404,8
9	6	130,0	2300,0	763,1	9	6	135,0	1502,8	252,9
10	6	139,5	2263,6	704,8	10	6	132,2	2304,2	444,1
11	6	139,2	2747,9	809,7	11	6	145,2	2927,9	922,4
12	5	154,4	2821,1	309,6	12	6	151,5	2818,9	878,4
13	6	147,8	2891,2	96,3	13	6	153,8	2695,8	924,8
14	7	156,2	3647,8	1017,6	14	6	154,3	4216,1	1598,6

Gráfico 4.



La edad en relación con el MMEF_{25-75%}; a) niños, b) niñas,
 ——— sanos, - - - - - asmáticos.

valor de r obtenido para los niños asmáticos. Las ecuaciones en función de la edad son las siguientes:

a) para niños sanos:

$$\text{MMEF}_{25-75\%} = 1,2856 + 0,1221 \times \text{Edad} \quad (8)$$

b) para niñas sanas:

$$\text{MMEF}_{25-75\%} = 0,4036 + 0,2043 \times \text{Edad} \quad (9)$$

En cuanto al consumo de O_2 , la correlación fue estadísticamente orientadora en el grupo de niños sanos, no así en el de los asmáticos. Las ecuaciones halladas fueron:

$$\check{V}O_2 = 97,8794 + 6,4152 \times \text{Edad} \quad (10)$$

b) para niñas sanas:

$$\check{V}O_2 = 27,5108 + 16,4788 \times \text{Edad} \quad (11)$$

El cuadro IV y el gráfico 5 resumen los datos sobre el consumo de oxígeno. Las correlaciones efectuadas entre la función pulmonar y el desarrollo torácico fue realizada en 90 niños. Las ecuaciones que posibilitan establecer los valores predecibles se exponen en el cuadro V, donde también aparecen los coeficientes de correlación, todos altamente significativos.

DISCUSION

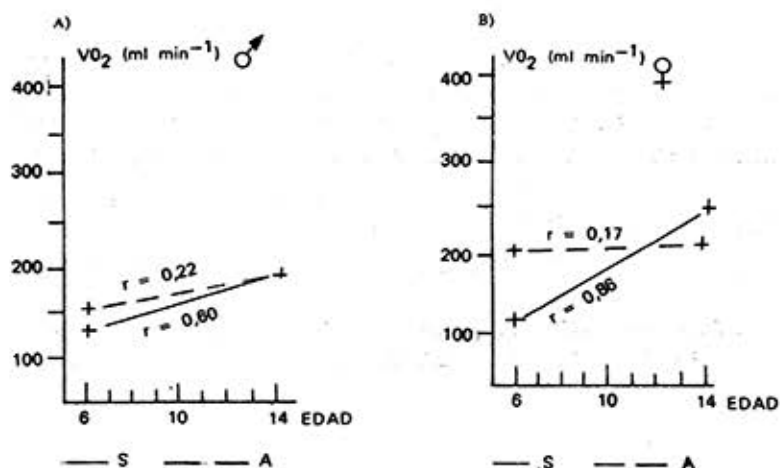
Los autores que han abordado los estudios de función pulmonar con el objetivo de establecer nomogramas donde la edad desempeñe una función determinante^{1-4,12,13} han hallado ecuaciones para valores predecibles diferentes a las muestras. Las razones son las siguientes: la mayor parte de los autores utilizan dentro de la ecuación otras variables, además de la edad y los que utilizan solamente la edad,¹⁴ no realizaron las mediciones en niños, sino en grupos con edades superiores a los veinte años.

Siendo la capacidad vital (VC) un elemento de la talla pulmonar era de esperar que la correlación con la edad fuera altamente positiva, tanto en sanos como en asmáticos, lo que se explica mejor cuando conocemos que la mayor parte de las correlaciones donde aparece VC con elementos de la talla o la superficie corporales son positivas.¹⁵ Es decir, que la edad, la superficie corporal, la talla y el desarrollo torácico influyen la talla pulmonar, lo que concuerda fisiológicamente con las expresiones estadísticas.

CUADRO IV
VALORES NORMALES DE $\dot{V}O_2$ EN NIÑOS SANOS

Niños					Niñas				
Edad (años)	No. (casos)	\bar{H} (cm)	$\dot{V}O_2$ (ml)	SD (ml)	Edad (años)	No. (casos)	\bar{H} (cm)	$\dot{V}O_2$ (ml)	SD (ml)
6	6	119,7	114,9	23,2	6	6	116,5	165,2	76,0
7	6	122,8	151,2	20,1	7	6	122,6	154,8	24,6
8	5	128,5	135,9	44,8	8	7	128,6	137,9	39,5
9	6	130,0	190,5	50,8	9	6	135,0	149,8	44,5
10	—	—	—	—	10	6	132,2	174,6	87,3
11	6	139,2	164,0	37,6	11	6	145,2	169,9	58,7
12	—	—	—	—	12	6	151,5	246,9	23,2
13	6	147,8	211,5	63,3	13	6	153,8	249,5	78,1
14	7	156,2	153,1	61,4	14	6	154,4	281,8	143,9

Gráfico 5.



La edad en relación con el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$); a) niños, b) niñas. — sanos, - - - - asmáticos.

CUADRO V

RELACION ENTRE EL DESARROLLO FISICO DEL TORAX Y LAS VARIABLES PULMONARES

Variable pulmonar (ml)	Fórmula para su cálculo					r
VC	2674,27 +	4,94CT +	7,45ABA +	7,79DAP +	9,75DT	0,97
FEV _{0,75}	5843,77 +	13,09CT +	18,52ABA +	11,59DAP +	10,11DT	0,97
MMEF 25-75%	3615,59 +	17,04CT +	3,24ABA +	3,32DAP +	3,02DT	0,98
MVV	69125,86 +	174,24CT +	196,96ABA +	234,83DAP +	221,30CT	0,98

La medición de volúmenes dinámicos se comportó de distinta forma. La fuerza muscular del tórax influye poco a estas maniobras, donde es determinante el valor del módulo elástico toracopulmonar. En los niños sanos el desarrollo de los elementos elásticos probablemente "corra parejo" con el desarrollo del niño y su edad y ésta sería la explicación de las correlaciones positivas. No obstante, en los niños asmáticos la enfermedad debe modificar esta situación por lo que no existe dependencia entre los volúmenes dinámicos y la edad de los pacientes.

En condiciones normales, el patrón respiratorio se realiza a una frecuencia óptima, bien porque el organismo ajusta el trabajo respiratorio a un menor gasto energético o a una menor fuerza muscular,^{16,17} por lo que la relación entre consumo de oxígeno y edad no parece tener un sentido fisiopatológico claro en los niños asmáticos.

La obstrucción exige un gasto energético mayor y probablemente la eficiencia del sistema respiratorio, es decir, la relación entre el trabajo respiratorio y el consumo de oxígeno, determine la elección de una frecuencia óptima frente a la obstrucción y que haga más eficiente el sistema.

El desarrollo torácico influencia grandemente los volúmenes respiratorios, tanto los estáticos (VC), como los dinámicos (FEV_{0,75}, MMEF_{25-75%} y MMV). Es de suponer que factores del desarrollo torácico, como el DAP, DT y la CT, tienen que ver con las dimensiones no sólo de la caja torácica, sino también de los pulmones y estos volúmenes medidos son dependientes de las estructuras hísticas y de la amplitud del sistema respiratorio.

SUMMARY

Hernández Najarro, R. et al. *Age influence and thorax development on the most used respiratory volumes for assessing asthmatic children.* Rev Cub Ped 54: 1, 1982.

Vital capacity (VC), forced expiratory volume at 0.75 second (FEV_{0,75}), maximum mean expiratory flow (MMEF_{25-75%}), maximum ventilation volume (MVV) and oxygen volume (V_{O₂}) per minuterest was studied in 238 children, 198 out of them, clinically healthy, and 40 asthmatics during an intercrisis period. Regression lines for VC in healthy and asthmatic children were obtained, being more significant for the former. Correlations for

FEV_{0,75} were significant only for healthy children, and similar results were obtained for MMEF_{25-75%} and V_{O₂}. It was verified that age, body surface, height and thoracic development influence in pulmonary capacity while thorax muscular force has few influence on dynamic volumes.

RÉSUMÉ

Hernández Najarro, R. et al. *Influence de l'âge et du développement du thorax sur les volumes respiratoires les plus utilisés dans l'évaluation des enfants asthmatiques.* Rev Cub Ped 54: 1, 1982.

Nous avons étudié la capacité vitale (CV), le volume expiratoire forcé à 0,75 s (FEV_{0,75}), le flux maximal moyen expiratoire (MMEF_{25-75%}), le volume de ventilation volontaire maximal (MVV) et la consommation d'oxygène (V_{O₂}) par minute en repos chez 328 enfants, dont 198 cliniquement sains et 40 asthmatiques en période d'inter-crise. Nous avons obtenu les droites de régression pour VC chez les enfants sains et asthmatiques, étant plus significatives pour les premiers. Les corrélations pour FEV_{0,75} n'ont été significatives que pour les enfants sains; des résultats similaires ont été obtenus pour MMEF_{25-75%} et V_{O₂}. Il a été constaté que l'âge, la superficie corporelle, la taille et le développement thoracique influent sur la capacité pulmonaire, tandis que la force musculaire du thorax à peu d'influence sur les volumes dynamiques.

BIBLIOGRAFIA

1. Baldwin, B. T. Breathing capacity according to height and age of American-born boys and girls of school age. Am J Phys Anthrop 12: 257, 1928.
2. Metheny, E. Breathing capacity during the first decade of life: a review of the literature on techniques, standards and clinical implications. J Pediat 19, 841, 1941.
3. Kuppig, H. W. y otros. Pruebas de función pulmonar en niños. Clínica pediátrica de Norteamérica. P. 159. Edit. Interamericana, México, 1969.
4. Cherniac, R. M. Ventilatory function in normal children. Can Med Assoc J 87: 80, 1962.
5. Wood, W. D. Pruebas de función pulmonar en niños. Clínica Pediátrica de Norteamérica. P. 159, Edit. Interamericana, México, 1969.
6. Rivero de la Calle. Estudio preliminar del desarrollo físico de los niños prescolares de los círculos infantiles de La Gran Habana. Pp. 3-65, 1972.
7. Harry H. y otros. Instructions for the Godart Expirograph. Ang. IECI 24, 1, 1977.
8. Dubois, D.; E. Dubois. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight are known. Arch Intern Med 17: 863-887, 1916.
9. Hill, A. B. Principios de Estadística Médica. P. 365, Edic. R., La Habana, 1965.
10. Jordán, J. R. Desarrollo humano en Cuba. P. 282, Edit. Científico-Técnica, La Habana, 1979.
11. Hernández Najarro, R. y otros. Comparación de los valores espirométricos entre un grupo de niños asmáticos y un grupo de niños sanos. Centro Serie Ciencias Médicas, III, Nos. 1, 2 y 3; 75-86, 1975.
12. Cumming y Co. The normal structure and function of the respiratory system. Pp. 36-58, 1980.
13. Arking, J. A. et al. The maximal expiratory flow rate of normal individuals. Dis Chest Pp. 496-498, 1960.
14. Needham, C. D. Citado por Vargna, G.; J. Kóvats. Pulmonary function test and their clinical application. P. 76 Edit. Akademia Kiado, Budapest, 1968.

15. *Jouasset, D.* Normalisation des épreuves fonctionnelles respiratoires dans les pays de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier. *Poumon Coeur* 10: 1145-1159, 1960.
16. *Liljestrand, G.* Citado por *Otis, A. B.* The work of breathing hand-book of physiology. Section 3, Vol. 1, P. 463, Ed. American Physiological Society, Wash. D. C., 1964.
17. *Agostoni, E.; W. O. Fenn.* Comparative features of breathing. *J Appl Physiol* 14: 679-683, 1959.

Recibido: junio 30, 1981.

Aprobado: julio 24, 1981.

Dr. Roberto Hernández Najarro

Carmen 160

La Habana, 2.