

VALORES DE PREDICCIÓN DEL VOLUMEN DE CIERRE EN ADOLESCENTES

Ana Brilkin de Jakymec, Enrique Rincón Berroterán y Alirio Piña Rivero

Cátedra de Fisiología. Departamento de Ciencias Funcionales. Facultad de Medicina. Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

Palabras claves: volumen de cierre, helio, standard, adolescentes

RESUMEN

Se midió el volumen de cierre en 103 adolescentes, en edades comprendidas entre los 11 y 18 años; 52 de sexo masculino y 51 de sexo femenino, no fumadores y sin antecedentes ni síntomas de enfermedades cardiorespiratorias, con el objeto de obtener los valores de predicción, en nuestro medio.

El volumen de cierre se midió usando Helio como gas marcador. A cada sujeto se le practicaron 3 determinaciones, tomando aquella, donde la capacidad vital fue mayor. El volumen de cierre se expresó como porcentaje de la capacidad vital del sujeto.

Se relacionó el volumen de cierre, con la edad en años de los sujetos de ambos sexos y se obtuvo la siguiente ecuación de regresión: $VC/CV \times 100 = 26.07 - 1.15 \times \text{edad (años)}$, para jóvenes entre 11 y 18 años. El coeficiente de correlación $r = -0.75$ y $p < 0.001$.

INTRODUCCION

El volumen de cierre se ha definido como el volumen pulmonar durante el cual, la zona pulmonar dependiente, deja de ventilarse presumiblemente como resultado del cierre de las vías aéreas finas (6, 8, 9) o sea aquellas vías menores de 2 mm de diámetro interno. Estas vías contribuyen con menos de un 30% a la resistencia total del árbol traqueobronquial y por lo tanto constituyen la llamada "zona silenciosa del pulmón" (18, 23).

Existen evidencias de que este cierre ocurre a volúmenes pulmonares mayores en individuos en los que se presume enfermedad de vías aéreas finas (1, 21, 22).

Se ha sugerido que la medición del volumen de cierre es un método simple y sensible para detectar obstrucción precoz de las vías aéreas finas y por lo tanto muy útil para ser usado en el estudio de la función pulmonar (3, 4, 5, 10, 17, 22).

Recibido 26-10-88

Aceptado 23-01-89

El objetivo del presente trabajo, es la medición del volumen de cierre en sujetos menores de 19 años de edad, no fumadores y sin antecedentes ni síntomas de enfermedades cardiorespiratorias, con el fin de obtener nuestros propios valores de predicción, ya que en nuestro medio, existe escasez de información al respecto, debiéndose recurrir a ecuaciones extranjeras.

MATERIALES Y METODOS

Se midió el volumen de cierre en 103 jóvenes, en edades comprendidas entre los 11 y 18 años, 52 de sexo masculino y 51 de sexo femenino, no fumadores y sin antecedentes ni síntomas de enfermedades cardiorespiratorias.

Se les practicó examen físico y espirometría que incluyó: capacidad vital (CV), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF₁) y ventilación máxima voluntaria (VMV).

El volumen de cierre se midió mediante la técnica del bolo, usando Helio como gas marcador (11, 27).

A cada sujeto se le practicaron 3 determinaciones y de éstas se tomó aquella, donde la capacidad vital fue mayor (7).

Se relacionó la edad de los sujetos de ambos sexos con el volumen de cierre expresado como porcentaje de la capacidad vital (VC/CV x 100), obteniéndose la correspondiente ecuación de regresión.

RESULTADOS

En las tablas I y II se observan los promedios y desviaciones standard del peso, talla y superficie corporal, de los varones y hembras respectivamente y por edades.

TABLA I

PROMEDIO Y DESVIACIONES STANDARD DE LAS CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS DE LOS VARONES POR EDADES

Edad (años)	Número de casos	Peso (Kg)	Talla (cm)	Superficie corporal (m ²)
11	7	36.9 ± 5.6	142.8 ± 5.9	1.21 ± 0.11
12	7	39.0 ± 13.0	144.6 ± 9.3	1.25 ± 0.23
13	8	44.6 ± 6.6	155.3 ± 6.9	1.40 ± 0.13
14	5	58.0 ± 7.8	161.3 ± 2.8	1.61 ± 0.11
15	6	59.3 ± 7.4	165.8 ± 5.3	1.66 ± 0.11
16	5	61.8 ± 10.6	166.4 ± 6.7	1.69 ± 0.15
17	8	66.1 ± 6.8	171.9 ± 8.4	1.78 ± 0.12
18	6	62.2 ± 7.1	170.5 ± 6.1	1.72 ± 0.12

TABLA II

PROMEDIO Y DESVIACIONES STANDARD DE LAS CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS DE LAS HEMBRAS POR EDADES

Edad (años)	Número de casos	Peso (Kg)	Talla (cm)	Superficie corporal (m ²)
11	9	39.7 ± 5.1	144.4 ± 3.8	1.26 ± 0.09
12	7	44.5 ± 6.7	149.1 ± 6.6	1.36 ± 0.12
13	5	46.1 ± 8.8	152.1 ± 7.3	1.39 ± 0.15
14	5	54.2 ± 9.4	156.1 ± 5.7	1.52 ± 0.15
15	8	53.7 ± 3.8	153.4 ± 7.5	1.50 ± 0.10
16	5	52.4 ± 7.2	157.4 ± 5.5	1.51 ± 0.10
17	6	54.8 ± 7.4	158.9 ± 2.5	1.55 ± 0.10
18	6	54.2 ± 4.2	157.3 ± 3.9	1.53 ± 0.08

En las tablas III y IV se observan los promedios y desviaciones standard de las pruebas ventilatorias: capacidad vital en litros (CV), volumen espiratorio forzado en el

TABLA III

PROMEDIO Y DESVIACIONES STANDARD DE LAS PRUEBAS VENTILATORIAS EN VARONES POR EDADES

Edad (años)	Número de casos	CV (l) BTPS	VEF ₁ (l) BTPS	$\frac{VEF_1}{CVF} \times 100$	VMV (l/min) BTPS
11	7	2.34 ± 0.22	2.07 ± 0.22	88.4 ± 3.2	97.6 ± 16.4
12	7	2.46 ± 0.43	2.24 ± 0.39	91.3 ± 3.8	90.3 ± 25.1
13	8	2.96 ± 0.52	2.64 ± 0.43	89.2 ± 2.3	96.4 ± 16.9
14	5	3.50 ± 0.40	3.01 ± 0.27	87.1 ± 3.7	104.5 ± 9.10
15	6	3.99 ± 0.52	3.53 ± 0.54	87.7 ± 2.9	130.7 ± 11.6
16	5	4.39 ± 0.70	3.71 ± 0.47	89.2 ± 4.4	120.8 ± 25.6
17	8	4.57 ± 0.57	3.94 ± 0.48	87.1 ± 4.3	154.1 ± 28.5
18	6	4.43 ± 0.87	3.88 ± 0.79	87.1 ± 1.8	148.8 ± 24.2

primer segundo en litros (VEF_1), la relación porcentual entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada ($VEF_1/CVF \times 100$) y la ventilación máxima voluntaria en litros por minuto (VMV), realizadas en varones y hembras respectivamente y por edades.

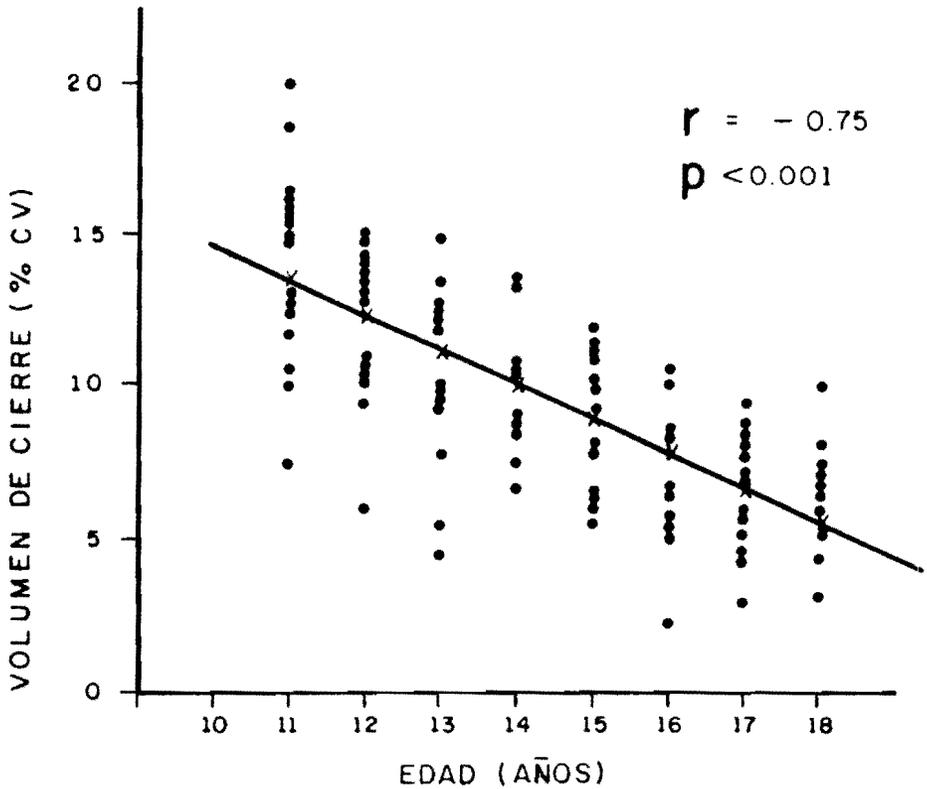
TABLA IV

PROMEDIO Y DESVIACIONES STANDARD DE LAS PRUEBAS
VENTILATORIAS EN HEMBRAS POR EDADES

Edad (años)	Número de casos	CV (l) BTPS	VEF_1 (l) BTPS	$\frac{VEF_1}{CVF} \times 100$	VMV (l/min) BTPS
11	9	2.39 ± 0.34	2.19 ± 0.31	91.7 ± 3.1	91.9 ± 17.9
12	7	2.60 ± 0.27	2.30 ± 0.16	87.9 ± 2.3	81.4 ± 9.40
13	5	2.75 ± 0.47	2.49 ± 0.45	90.9 ± 2.8	86.6 ± 12.9
14	5	3.05 ± 0.58	2.71 ± 0.48	89.2 ± 4.2	104.6 ± 10.5
15	8	3.11 ± 0.39	2.80 ± 0.20	89.6 ± 3.4	107.9 ± 15.3
16	5	3.10 ± 0.24	2.85 ± 0.30	89.9 ± 4.3	100.2 ± 17.8
17	6	3.17 ± 0.25	2.93 ± 0.35	91.4 ± 3.1	105.6 ± 21.8
18	6	3.29 ± 0.26	2.85 ± 0.17	88.0 ± 4.6	105.7 ± 12.3

Todos los valores obtenidos fueron expresados a la temperatura corporal, presión ambiental y saturados con vapor de agua (BTPS) y se encuentran dentro de límites normales comparados con su valor de predicción (32). También se observa que la capacidad vital, el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la ventilación máxima voluntaria, van aumentando con la edad, aunque este aumento se correlaciona mejor con la talla (26).

En la figura 1 se relacionó el volumen de cierre expresado como porcentaje de la capacidad vital de cada sujeto, con la edad en años, de los varones y hembras. Se obtuvieron valores más altos en los individuos más jóvenes y a medida que aumentó la edad, el volumen de cierre disminuyó. No hubo diferencias significativas entre ambos sexos. Se obtuvo la siguiente ecuación de regresión: $VC/CV \times 100 = 26.07 - 1.15 \times \text{edad en años}$, para sujetos entre los 11 y 18 años de edad. El coeficiente de correlación $r = -0.75$ y $p < 0.001$.



$$\text{VOLUMEN DE CIERRE (\% CV)} = 26.07 - 1.15 \times \text{EDAD (AÑOS)}$$

Fig. 1.— Relación entre el volumen de cierre expresado como porcentaje de la capacidad vital y la edad en los sujetos estudiados.

DISCUSION

Varios investigadores han obtenido valores de predicción para el volumen de cierre en adultos (1, 4, 15, 16, 22) y todos los resultados, muestran sin duda alguna, que éste aumenta con la edad. Este fenómeno se piensa que ocurre, como consecuencia de la disminución progresiva del retroceso elástico de los pulmones (4, 31).

En niños normales y adolescentes se han reportado varios estudios, con resultados controversiales (1, 15, 19, 24).

Anthonisen y col. (1), usando la técnica del gas residente (Nitrógeno), estudiaron 12 sujetos, entre los 7 y 16 años, obteniendo una relación $VC/CV \times 100$ promedio de 8.7%. No encontraron cambios relacionados con la edad.

Knudson y col. (15), midieron el volumen de cierre en sujetos sanos, entre los 8 y 87 años de edad, usando simultáneamente la técnica del gas residente y la técnica del bolo (Helio). Obtuvieron cierta inclinación de la curva, sugestiva de una disminución del volumen de cierre hacia los 18 años de edad. Hay que señalar también que reportaron un porcentaje elevado de valores cero, en individuos menores de 25 años y una gran variabilidad en las mediciones en este grupo. No obtuvieron una regresión significativa con la edad.

Michaelson y col. (24), demostraron la presencia de volumen de cierre en 147 sujetos, entre los 6 y 18 años de edad. El valor promedio obtenido para la relación VC/CV x 100 fue de 7.88 ± 4.05 . No encontraron disminución del volumen de cierre relacionado con la edad ni con la talla.

Mansell y col. (19), midieron el volumen de cierre en 62 sujetos normales, entre los 6 y 18 años de edad y mostraron que un niño a los 7 años, presenta una relación VC/CV x 100 aproximadamente de igual magnitud a un adulto de 45 años y ésta va disminuyendo, hasta que llega a un mínimo entre los 18 y 19 años. Obtuvieron la siguiente ecuación de regresión:

Fase IV/CV x 100 = $26.12 - 1.25 \times \text{edad en años}$, en sujetos entre los 6 y 20 años.

En el presente trabajo realizado en adolescentes entre los 11 y 18 años, se obtuvo una relación VC/CV x 100 más alta a los 11 años de edad y valores más bajos entre los 17 y 18 años. Los valores obtenidos fueron ligeramente superiores a los de Mansell y col. (19), para todas las edades estudiadas. Esto se podría explicar por las diferencias en el método utilizado (15, 29), o se podría deber a la diferencia en el flujo espiratorio, que fue más alto en el presente trabajo. Se ha reportado la existencia de una correlación positiva, entre el flujo espiratorio y el comienzo de la fase IV, siendo ésta más precoz, con flujos más altos, lo que se reflejaría en un volumen de cierre mayor (25).

El volumen de cierre está determinado, en parte por factores dinámicos (21), así como por el verdadero cierre de las vías aéreas finas (2, 9, 30).

Es probable que los cambios en el retroceso elástico del pulmón, sean los responsables, del volumen de cierre más alto encontrado en los sujetos más jóvenes. Zapletal y col. (33), encontraron un aumento progresivo en el "retroceso elástico" del pulmón desde los 6 a los 18 años. Hacia los 18-19 años, se encuentra al máximo, para luego ir disminuyendo progresivamente con la edad (31).

Algunos investigadores han sugerido, que el retroceso elástico del pulmón, es la determinante más importante, del volumen de cierre (12, 20), pero no hay que olvidar, que la compresión dinámica de las vías aéreas, de la zona dependiente, que produce una disminución en su calibre, sin llegar al cierre puede provocar, un aumento súbito en la concentración del gas espirado, en la fase IV (13, 14, 28).

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Julio G. Moros Ruano, profesor titular de la Cátedra de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad del Zulia, por su valiosa asesoría, en el análisis estadístico del presente trabajo.

ABSTRACT

Prediction values of closing volume in adolescents. *Brilkin de Jakymec A., Rincón Berroterán E., Piña Rivero A. (Cátedra de Fisiología, Departamento de Ciencias Funcionales, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela).* **Invest Clín 29(3): 111-119, 1988.**— Closing volume was measured in 103 healthy subjects, aged 11 to 18 years; 52 males and 51 females. They had no past or present cardiorespiratory symptoms or disease and never smoked cigarettes. Data from these subjects were used, to derive prediction formula, for closing volume in our country. Closing volume was measured by bolus technique, using Helium as a marker gas. Each person performed the test procedure 3 times. The highest vital capacity for each subject, was selected. The Closing Volume was expressed as a percent of vital capacity of each subject. Closing Volume was plotted against age, and prediction formula was obtained: $CV/VC \times 100 = 26.07 - 1.15 \times (\text{age in years})$ in subjects from 11 to 18 years old, $r = -0.75$ and $p < 0.001$.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1— ANTHONISEN N.R., DAWSON J., ROBERTSON P.C., ROSS W.R.D.: Airway closure as a function of age. *Resp Physiol* 8: 58-65, 1969.
- 2— BEGIN R., RENZETTI A.D., BIGLER A.H., WATANABE S.: Flow and age dependence of airway closure and dynamic compliance. *J Applied Physiol* 38: 199-207, 1975.
- 3— BUIST A.S.: Early detection of airways obstruction by the closing volume technique. *Chest* 64: 495-499, 1973.
- 4— BUIST A.S., ROSS B.B.: Predicted values for closing volume using a modified single breath nitrogen test. *Am Rev Res Dis* 107: 744-752, 1973.
- 5— BUIST A.S., VAN FLEET D.L., ROSS B.B.: A comparison of Conventional Spirometric Test and the test of closing volume in an Emphysema Screening Center. *Am Rev Res Dis* 107: 735-743, 1973.
- 6— BURGER E.J., MACKLEM P.T.: Airway closure demonstration by breathing 100% O₂ at low lung volume and by N₂ washout. *J Applied Physiol* 25: 139-148, 1968.

- 7- BURKI N.K., BARKER D.B., NICHOLSON D.P.: Variability of the closing volume measurement in normal subject. *Am Rev Res Dis* 112(2): 209-212, 1975.
- 8- COLLINS J.V.: Closing volume. A test of small airway function? *Brit J Dis Chest* 67: 1-17, 1973.
- 9- ENGEL L.A., GRASSINO A., ANTHONISEN N.R.: Demonstration of airway closure in man. *J Applied Physiol* 38: 1117-1125, 1975.
- 10- GELB A.F., ZAMEL N.: Simplified diagnosis of small airway obstruction. *N Eng J Med* 288: 395-398, 1973.
- 11- GREEN M., TRAVIS D.M., MEAD J.: A simple measurement of phase IV, (closing volume) using a critical orifice helium analyzer. *J Applied Physiol* 33: 827-830, 1972.
- 12- HOEPPNER V.H., COOPER D.M., ZAMEL N., BRYAN A., LEVISON H.: Relationship between elastic recoil and closing volume measurement in smokers and nonsmokers. *Am Rev Res Dis* 109: 81-86, 1974.
- 13- HYATT R.E., OKESON G.C.: Expiratory flow limitation the cause of so-called "airway closure" or "closing volume". *The Physiologist* 14: 166, 1971.
- 14- HYATT R.E., OKESON G.C., RODARTE J.R.: Influence of expiratory flow limitation on the pattern of lung emptying in normal man. *J Applied Physiol* 35: 411-419, 1973.
- 15- KNUDSON R.J., LEBOWITZ M.D., KNUDSON D.E.: The closing volume test: Evaluation of Nitrogen and Bolus Methods in a Random Population. *Am Rev Res Dis* 115: 423-434, 1977.
- 16- LEBLANC P., RUFF F., MILIC-EMILI J.: Effects of age and body position on "airway closure" in man. *J Applied Physiol* 28: 448-451, 1970.
- 17- MACKLEM P.T.: Obstruction in small airways a challenge to Medicine. *Am J Med* 52: 721-724, 1972.
- 18- MACKLEM P.T., MEAD J.: Resistance of central and peripheral airways measured by a retrograde catheter. *J Applied Physiol* 22: 395-401, 1967.
- 19- MANSELL A., BRYAN C.H., LEVISON H.: Airway closure in children. *J Applied Physiol* 33: 711-714, 1972.
- 20- MANSELL A., DUBRAWISKY CH., BRYAN C.H., LEVISON H.: Relationship between elastic recoil and "closing volume". *The Physiologist* 15: 207, 1972.
- 21- McCARTHY D.S., MILIC-EMILI J.: Closing volume in asymptomatic asthma. *Am Rev Res Dis* 107: 559-579, 1973.

- 22- McCARTHY D.S, SPENCER R., GREENE R., MILIC-EMILI J.: Measurement of "closing volume" as a simple and sensitive test of early detection of small airway disease. *Am J Med* 52: 747-753, 1972.
 - 23- MEAD J.: The lung "quiet zone". *N Eng J Med* 282: 1318-1319, 1970.
 - 24- MICHAELSON E.D., WANNER A., WATSON H., SILVA G., ZAPATA A., SERAFINI-MICHAELSON M, SACKNER M.A.: Distribution of ventilation in normal children. *Chest* 76(6): 658-662, 1979.
 - 25- OSMANLIEV D.P., POPOV P.K.: Influence of expiratory flow rate on "closing volume" measurement. *J Applied Physiol* 46: 1011-1015, 1979.
 - 26- RINCON B.E., JAKYMEC A., PIÑA A.: Valores normales de función pulmonar en adolescentes. *Invest Clín* 27(2): 101-109, 1986.
 - 27- RINCON B.E., SALCEDO H., MEDINA C., FORD J.: Medición del volumen de cierre en sujetos fumadores. *Invest Clín* 19(2): 68-75, 1978.
 - 28- RODARTE J.R., HYATT R.E., CORTESE D.A.: Influence of expiratory flow on closing capacity at low expiratory flow rates. *J Applied Physiol* 39: 60-65, 1975.
 - 29- STANESCU D., VERITER C., BRASSEUR L.: Difference between the He bolus and N₂ technique for measuring closing volume. *J Applied Physiol* 42(6): 859-864, 1977.
 - 30- SUSSKIND H., ATKINS H.L., KLOPPER J.F., ANSARI A.N., RICHARDS P.: Comparison of airway closure measured in vivo and from single breath washout curve. *J Applied Physiol* 50: 587-596, 1981.
 - 31- TURNER J., MEAD J., WOHL M.E.: Elasticity of human lungs in relation to age. *J Applied Physiol* 25: 664-671, 1968.
 - 32- WENG T.R., LEVISON H.: Standards of pulmonary function in children. *Am Rev Res Dis* 99: 879-894, 1969.
 - 33- ZAPLETAL A., MOTOYAMA E.K., VAN DE WOESTIJNE K.P., HUNT V.R., BOUHUYS A.: Maximum expiratory flow-volume curve and airway conductance in childrens and adolescents *J Applied Physiol* 26: 308-316, 1969.
-