

## ESTUDIO DE LA FUNCION DE LAS VIAS AEREAS FINAS EN DEPORTISTAS

**Ana de Jakymec\*, Enrique Rincón\*, Alirio Piña\*\*  
y Cecilia de Villalobos\*\*\***

*\* Cátedra de Fisiología. Facultad de Medicina. Apartado Postal 526, LUZ. Maracaibo. \*\* Escuela de Enfermería. Facultad de Medicina. LUZ. \*\*\* Escuela de Nutrición. Facultad de Medicina. LUZ. Maracaibo. Venezuela.*

### RESUMEN

Con el objeto de estudiar la influencia de la actividad deportiva sobre la función de las vías aéreas finas, se midió el volumen de cierre, en 4 grupos de deportistas, comparando cada grupo con su respectivo control, formado por sujetos sedentarios, no fumadores, del mismo sexo, edad y con características antropométricas semejantes. El grupo I, formado por 14 ciclistas juveniles, de sexo masculino, entre 14 y 18 años; con promedio de 2 años practicando dicho deporte. El grupo II, formado por 10 ciclistas de la selección nacional, de sexo masculino, entre 18 y 30 años, con promedio de 5 años practicando dicho deporte. El grupo III, formado por 14 jugadores de baloncesto de sexo masculino, entre 14 y 19 años, con promedio de 2 años practicando dicho deporte. El grupo IV, formado por 14 nadadores, 10 de sexo masculino y 4 de sexo femenino, entre 10 y 18 años, con promedio de 2 años practicando dicho deporte. El volumen de cierre se midió usando helio como gas marcador. A cada sujeto se le practicaron 3 determina-

ciones, tomando aquella, donde la capacidad vital fué mayor. El volumen de cierre se expresó como porcentaje de la capacidad vital del sujeto.

En todos los grupos de deportistas se observó una disminución significativa del volumen de cierre en relación con los sedentarios ( $p < 0.001$ ). Estos resultados sugieren que en los deportistas puede haber una disminución en la resistencia de las vías aéreas finas o un aumento en el retroceso elástico del pulmón o ambos hechos a la vez.

## INTRODUCCION

El volumen de cierre ha sido definido como el volumen pulmonar durante el cual, la zona pulmonar dependiente, deja de ventilar presumiblemente como resultado del cierre de vías aéreas (8). Se piensa que ocurre a volúmenes pulmonares bajos, en la zona pulmonar dependiente, como resultado de un gradiente en la presión pleural dependiente de la gravedad (2). Milic - Emili y col (26) sugirieron que cuando nos acercamos al volumen residual, la presión pleural excede a la presión en las vías aéreas en la zona dependiente, causando un cierre de éstas con atrapamiento de gas. Este hallazgo ha sido comprobado por otros investigadores (7, 11, 15, 36).

Se ha sugerido que el volumen de cierre es un método simple y sensible para detectar enfermedad de vías aéreas finas y conveniente para ser usado en el estudio de la función pulmonar (4, 5, 6, 12, 22, 25).

Existen numerosos estudios sobre el volumen de cierre en pacientes fumadores, en quienes se ha usado, para el diagnóstico precoz de la enfermedad bronquial obstructiva crónica (EBOC), íntimamente asociada con el consumo de cigarrillos (18, 30, 32). La mayor parte de estos trabajos, fueron realizados en adultos. Actualmente existe escasa información acerca de la determinación del volumen de cierre en deportistas (29) y en sujetos menores de 19 años no fumadores y sin antecedentes de enfermedades cardio-respiratorias (20, 23).

El objetivo del presente trabajo es el estudio del volumen de cierre en deportistas de diferentes disciplinas y en sujetos sedentarios, con la finalidad de determinar la influencia del deporte, sobre la función de las vías aéreas finas.

## MATERIAL Y METODOS

Se midió el volumen de cierre en 4 grupos de deportistas. El grupo I, formado por 14 ciclistas juveniles, de sexo masculino, de edades comprendidas entre los 14 y 18 años con un promedio de 2 años practicando deporte. El grupo II, formado por 10 ciclistas de primera categoría, pertenecientes a la selección nacional, de sexo masculino, con edades comprendidas entre los 18 y 30 años y con un promedio de 5 años practicando deporte. El grupo III, formado por 14 jugadores de baloncesto, de sexo masculino, en edades entre los 14 y 19 años y con un promedio de 2 años practicando deporte. El grupo IV, formado por 14 nadadores, 10 de sexo masculino y 4 de sexo femenino, en edades comprendidas entre los 10 y 18 años con un promedio de 2 años, practicando natación. El control de cada grupo de deportistas estaba formado por un número igual de sujetos sedentarios, de edad, sexo y características antropométricas semejantes.

Previa la realización de la prueba, cada sujeto fué interrogado sobre antecedentes y síntomas respiratorios. Se les practicó examen físico y espirometría, que incluyó: capacidad vital (CV), volumen espiratorio forzado en el primer segundo ( $VEF_1$ ), flujo espiratorio medio máximo ( $FE_{25-75\%}$ ) y capacidad máxima voluntaria (CMV).

Se excluyeron del estudio aquellos sujetos con enfermedades broncopulmonares presentes o pasadas y los que presentaron disminución de la capacidad vital, en más de un 20% del valor de predicción, calculada mediante la ecuación de Weng (39).

Para medir el volumen de cierre se usó helio, como gas indicador, mediante el sistema Hebotest godart, constituido por una combinación de un analizador de helio (ketaferómetro) y un pneumotacógrafo que mide flujo aéreo instantáneo, que integrado da volumen.

Tanto el analizador de helio, como el pneumotacógrafo, están conectados a un sistema de registro de doble canal, obteniéndose en uno de éstos la capacidad vital y en el otro, la concentración de helio, en el aire espirado.

El sujeto es conectado al aparato mediante una boquilla y su nariz es ocluída por una pinza. Después que el sujeto realiza una espiración máxima y alcanza su volumen residual, efectúa a continuación una inspiración también máxima, recibiendo sus pulmones, al inicio de la inspiración, 300 cc de helio. Luego el sujeto realiza una espiración máxima a un flujo espiratorio constante (0.5 l/seg), obteniéndose una curva de concentración de helio espirado y del volumen de aire espirado. Estas 2 curvas permiten

medir el volumen de cierre, que se expresa como porcentaje de la capacidad vital del sujeto, obtenida de la curva del volumen de aire espirado (5, 7, 10, 30).

A cada sujeto se le practicaron tres mediciones y de éstas se tomó aquella donde la capacidad vital fue mayor. El resultado obtenido en cada grupo de deportistas se comparó con su respectivo grupo control. Los resultados fueron expresados como promedio  $\pm$  desviación estándar. La significación estadística de las diferencias fue analizada aplicando la prueba de t de student.

## RESULTADOS

La Tabla I establece una comparación de las características antropométricas entre el grupo de ciclistas juveniles y su control. Las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.

**TABLA I**

**EDAD Y CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS EN CICLISTAS JUVENILES Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	Edad* (años)	Peso* (kg)	Talla* (cm)	Superficie Corporal (m <sup>2</sup> )
Ciclistas n = 14	16.4 $\pm$ 1.4	58.9 $\pm$ 5.2	169.3 $\pm$ 4.2	1.68 $\pm$ 0.10
Sedentarios n = 14	16.4 $\pm$ 1.3	59.9 $\pm$ 7.4	168.4 $\pm$ 4.9	1.68 $\pm$ 0.11
p	NS	NS	NS	NS

\* =  $\bar{X} \pm DS$

En la Tabla II se comparan las pruebas ventilatorias en ciclistas y sus controles. La capacidad vital, el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y el flujo espiratorio medio máximo son mayores en los ciclistas con una diferencia estadísticamente significativa.

En la Tabla III se establece una comparación de la capacidad vital, volumen de cierre y relación porcentual en ciclistas y sedentarios. La capacidad vital de los ciclistas es mayor que la de los sedentarios ( $p < 0.005$ )

y el volumen de cierre es cero, mientras que en los sedentarios es de  $0.45 \pm 0.19$  ( $p < 0.001$ ).

**TABLA II**

PRUEBAS VENTILATORIAS EN CICLISTAS JUVENILES  
Y EN SEDENTARIOS

Grupo estudiado	CV(l)* BTPS	VEF <sub>1</sub> (l)* BTPS	$\frac{VEF_1}{CVF} \times 100^*$	FE <sub>25-75%</sub> * l/seg	CMV* l/min
Ciclistas n = 14	$4.54 \pm 0.56$	$4.06 \pm 0.46$	$89.0 \pm 3.74$	$5.10 \pm 0.82$	$146.0 \pm 25.1$
Sedentarios n = 14	$4.04 \pm 0.45$	$3.49 \pm 0.37$	$87.1 \pm 3.69$	$4.17 \pm 0.83$	$135.8 \pm 23.5$
p	$p < 0.005$	$p < 0.001$	NS	$p < 0.001$	NS

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

**TABLA III**

RELACION PORCENTUAL ENTRE VOLUMEN DE CIERRE  
Y CAPACIDAD VITAL EN CICLISTAS JUVENILES  
Y EN SUJETOS SEDENTARIOS

Grupo estudiado	CV(l)* ATPS	VC* ATPS	$\frac{VC}{CV} \times 100$
Ciclistas n = 14	$4.28 \pm 0.52$	0	0
Sedentarios n = 14	$3.83 \pm 0.47$	$0.45 \pm 0.19$	$11.95 \pm 5.17$
p	$p < 0.005$	$p < 0.001$	$p < 0.001$

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

La Tabla IV establece una comparación de la edad y características antropométricas entre el grupo de ciclistas de la selección nacional y su control. Las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.

En la Tabla V se comparan las pruebas ventilatorias en ciclistas y sus controles. La capacidad vital es mayor en ciclistas que en sedentarios ( $p < 0.001$ ). El VEF<sub>1</sub>, el FE<sub>25-75%</sub> y la CMV son mayores en ciclistas que en sedentarios ( $p < 0.005$ ).

**TABLA IV**

**EDAD Y CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS EN CICLISTAS DE LA SELECCIONAL NACIONAL Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	Edad* (años)	Peso* (kg)	Talla* (cm)	Superficie corporal (m <sup>2</sup> )
Ciclistas n = 10	23.4 ± 3.6	66.1 ± 7.6	171.0 ± 5.1	1.77 ± 0.12
Sedentarios n = 10	23.8 ± 3.6	69.2 ± 7.4	171.1 ± 5.9	1.81 ± 0.11
p	NS	NS	NS	NS

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

**TABLA V**

**PRUEBAS VENTILATORIAS EN CICLISTAS DE LA SELECCION NACIONAL Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	CV(1)* BTPS	VEF <sub>1</sub> (1)* BTPS	VEF CVF 1 X 100	FE 25-75% l/seg	CMV l/min
Ciclistas n = 10	5.15 ± 0.50	4.31 ± 0.60	84.2 ± 4.54	5.39 ± 1.46	189.4 ± 55.4
Sedentarios n = 10	4.34 ± 0.62	3.62 ± 0.46	84.4 ± 4.14	4.20 ± 0.98	132.2 ± 32.0
p	p < 0.001	p < 0.005	NS	p < 0.005	p < 0.005

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

La Tabla VI establece que la capacidad vital es mayor en ciclistas ( $p < 0.001$ ) que en el control y el volumen de cierre es cero, mientras que en los sedentarios este último es de  $0.42 \pm 0.11$  ( $p < 0.001$ ).

La Tabla VII establece una comparación de la edad y características antropométricas entre el grupo de jugadores de baloncesto y su control. Las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.

En la Tabla VIII se comparan las pruebas ventilatorias en jugadores de baloncesto y en sujetos sedentarios. La capacidad vital es mayor en los jugadores de baloncesto ( $p < 0.005$ ) y también la capacidad máxima voluntaria ( $p < 0.025$ ).

**TABLA VI**

RELACION PORCENTUAL ENTRE VOLUMEN DE CIERRE Y CAPACIDAD VITAL EN CICLISTAS DE LA SELECCION NACIONAL Y EN SUJETOS SEDENTARIOS

Grupo estudiado	CV(l)* ATPS	VC(l)* ATPS	$\frac{VC}{CV} \times 100$
Ciclistas n = 10	4.82 ± 0.54	0	0
Sedentarios n = 10	4.19 ± 0.65	0.42 ± 0.11	10.22 ± 3.13
p	p < 0.005	p < 0.001	p < 0.001

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

**TABLA VII**

EDAD Y CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS EN JUGADORES DE BALONCESTO Y EN SUJETOS SEDENTARIOS

Grupo estudiado	Edad* (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	Superficie corporal (m <sup>2</sup> )
Jugadores baloncesto n = 14	16.3 ± 1.3	65.3 ± 6.6	177.1 ± 6.9	1.81 ± 0.11
Sedentarios n = 14	16.2 ± 1.4	64.2 ± 5.3	174.0 ± 6.7	1.77 ± 0.11
p	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

La Tabla IX establece que la capacidad vital es mayor en jugadores de baloncesto ( $p < 0.025$ ) que en el control y el volumen de cierre es cero, mientras que en los sedentarios este último es de  $0.42 \pm 0.16$  ( $p < 0.001$ ).

La Tabla X establece una comparación de la edad y características antropométricas entre el grupo de nadadores y su control. Las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.

**TABLA VIII**

**PRUEBAS VENTILATORIAS EN JUGADORES DE BALONCESTO  
Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	CV(1)* BTPS	VEF <sub>1</sub> (1) BTPS	VEF <sub>1</sub> X 100 CVF	FE <sub>25-75%</sub> l/seg	CMV l/min
Jugadores baloncesto n = 14	4.76 ± 0.40	4.1 ± 0.28	86.4 ± 5.61	4.9 ± 1.1	154.0 ± 31.8
Sedentarios n = 14	4.40 ± 0.60	3.97 ± 0.49	88.9 ± 4.18	4.9 ± 1.0	131.1 ± 24.7
p	p < 0.005	N.S.	N.S.	N.S.	p < 0.025

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

**TABLA IX**

**RELACION PORCENTUAL ENTRE VOLUMEN DE CIERRE  
Y CAPACIDAD VITAL EN JUGADORES DE BALONCESTO  
Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	CV(1)* ATPS	VC(1) ATPS	VC* CV X 100
Jugadores baloncesto n = 14	4.54 ± 0.42	0	0
Sedentarios n = 14	4.23 ± 0.76	0.42 ± 0.16	10.34 ± 4.29
p	p < 0.025	p < 0.001	p < 0.001

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

**TABLA X**

**EDAD Y CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS EN NADADORES  
Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	Edad* (años)	Peso* (kg)	Talla (cm)	Superficie corporal (m <sup>2</sup> )
Nadadores n = 14	13.9 ± 2.1	53.8 ± 11.3	160.8 ± 13.5	1.55 ± 0.22
Sedentarios n = 14	14.1 ± 1.9	54.5 ± 11.8	162.1 ± 11.0	1.57 ± 0.22
p	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

En la Tabla XI se comparan las pruebas ventilatorias en nadadores y en sujetos sedentarios. Las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.

**TABLA XI**

**PRUEBAS VENTILATORIAS EN NADADORES Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	CV(1)* BTPS	VEF <sub>1</sub> (1) BTPS	VEF <sub>1</sub> / CVF X 100	FE <sub>25-75%</sub> l/seg	CMV l/min
Nadadores n = 14	3.74 ± 1.0	3.24 ± 0.9	86.0 ± 3.6	3.74 ± 1.36	110.0 ± 36.3
Sedentarios n = 14	3.43 ± 0.72	3.03 ± 0.59	89.1 ± 4.2	3.86 ± 0.67	111.6 ± 26.8
p	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

En la Tabla XII se establece que no hay diferencias estadísticamente significativas en la capacidad vital, pero el volumen de cierre es menor en los nadadores ( $p < 0.001$ ).

**TABLA XII**

**RELACION PORCENTUAL ENTRE VOLUMEN DE CIERRE Y CAPACIDAD VITAL EN NADADORES Y EN SUJETOS SEDENTARIOS**

Grupo estudiado	CV(1)* ATPS	VC ATPS	$\frac{VC}{CV} \times 100$
Nadadores n = 14	3.37 ± 0.95	0.11 ± 0.13	3.05 ± 3.53
Sedentarios n = 14	3.29 ± 0.70	0.33 ± 0.15	9.81 ± 3.88
p	N.S.	$p < 0.001$	$p < 0.001$

\* =  $\bar{X} \pm D.S.$

**DISCUSION**

En el presente trabajo, se encuentra una disminución significativa en el volumen de cierre ( $p < 0.001$ ), en los 4 grupos de deportistas, cuando

se comparan con su respectivo grupo control, formado por sujetos sedentarios, no fumadores, del mismo sexo, edad y con características antropométricas semejantes.

El grupo de nadadores fué estudiado en un trabajo anterior (19) comparando el volumen de cierre obtenido con el valor de predicción, calculado usando la ecuación de Mansell (23) obtenida a partir de 62 sujetos normales, no deportistas, entre los 6 y los 18 años de edad, estudiados en Canadá.

Merece mención especial el hecho de que mientras en el grupo de nadadores el volumen de cierre fue de  $0.11 \pm 0.13$  litros, en el resto de los deportistas fue cero. Esto probablemente se podría explicar porque el promedio de la edad de los nadadores fue inferior a la edad de los otros grupos de deportistas ( $p < 0.001$ ).

Resultados similares se han obtenido en 9 deportistas de Waterpolo, no fumadores en edades comprendidas entre los 15 y 16 años, al compararlos con su grupo control, formado por sujetos sedentarios, no fumadores, con características antropométricas semejantes (28).

Varios investigadores han publicado valores de predicción, para el volumen de cierre (1, 5, 21, 23, 25). Todos los valores reportados muestran sin duda, que en adultos, el volumen de cierre se incrementa con la edad. El incremento en el volumen de cierre, en el adulto, se ha atribuído a la disminución progresiva del "retroceso elástico" del pulmón (14). Por otra parte en niños, Mansell y col (23) encontraron un volumen de cierre alto; así un niño de 7 años, tiene un volumen de cierre igual a un hombre de 45 años. A medida que va creciendo, su volumen de cierre disminuye, hasta llegar a un mínimo entre los 18 y 19 años.

Es probable que los cambios en el "retroceso elástico" del pulmón sean también los responsables, del volumen de cierre alto, reportado en niños. Zapletal y col (42), 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 y luego va disminuyendo con la edad (37). Mansell interpreta estos hallazgos como evidencia de la existencia de una correlación negativa, entre volumen de cierre y "retroceso elástico" del pulmón, ya que los niños pequeños tienen un "retroceso elástico" disminuído que se incrementa a medida que crecen, alcanzando un máximo a los 18-19 años.

Algunos investigadores han sugerido que el retroceso elástico es la determinante más importante del volumen de cierre (13, 24, 28).

Por otra parte Hyatt y col (16, 17) y Rodarte y col (31) mostraron que el aumento súbito en la concentración del gas espirado en la fase IV, podría ser debido a la compresión dinámica de las vías aéreas de la zona dependiente, que causa una disminución en su calibre, sin llegar al cierre, dando como resultado una disminución del vaciamiento de la zona dependiente.

El volumen de cierre, está influenciado por la velocidad del flujo espiratorio y por lo tanto está determinado en parte, por factores dinámicos (27) así como por el verdadero cierre de las vías aéreas (3, 10, 35). Se ha dicho que el volumen de la fase IV (VC) no es el volumen, durante el cual, comienza el cierre de las vías aéreas finas, sino que refleja un incremento, en el cierre de las vías aéreas basales (11).

Algunos investigadores han postulado que la fase IV, puede ser debida a otros factores, diferentes al cierre, de las vías aéreas (40, 41). Sin embargo el hallazgo de que las vías aéreas finas cierran a la misma presión cuando se llenan con aire o líquido, parece indicar que la tensión superficial no influencia el cierre (34). De los resultados obtenidos en el presente trabajo, se deduce que en los sujetos que practican deporte, se observa una disminución significativa en el volumen de cierre, que hablaría en favor de una disminución en la resistencia al paso del aire, que ofrecen las vías aéreas finas o un aumento en el "retroceso elástico" del pulmón o ambos hechos a la vez. El mecanismo íntimo de este proceso no se conoce. Esta disminución del volumen de cierre conllevaría a una mejor relación ventilación-perfusión y a un aumento en la transferencia de gases a nivel del alvéolo, que puede ser demostrada, por un aumento en la difusión pulmonar, encontrada por otros investigadores en atletas (9, 38). En cambio un aumento en el volumen de cierre, con oclusión de las vías aéreas basales, durante la respiración normal, produce un efecto de corto-circuito, al perfundir alvéolos no aireados (33).

La constancia en la disminución del volumen de cierre, en los deportistas de diferentes disciplinas, nos hace pensar, que la determinación del volumen de cierre, puede ser un método más específico, que las pruebas espirométricas convencionales, para evaluar el entrenamiento atlético. Además tiene la ventaja de ser un método sencillo y poco costoso, que permite evaluar mayor número de atletas en un menor tiempo.

#### Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Instituto Nacional de Deportes (I.N.D.) seccional Zulia, por su colaboración en el envío de atletas motivo del presente trabajo.

## ABSTRACT

**Study of fine airway function in sportsmen.** *Jakymec A. (Cátedra de Fisiología, Facultad de Medicina. LUZ. Apartado Postal 526, Maracaibo, Venezuela), Rincón E., Piña A., Villalobos C. Invest Clín 24(4): 153-167, 1983.*— To study the influence of sports on small airway function, closing volumen was measured in 4 groups of sportsmen. The results were compared with a control group for each one. Control groups included sedentary, nonsmoker subjects of the same sex, age and physical characteristics. Group I, was constituted by 14 young, male cyclists, 14 to 18 years old, who had an average of 2 years of practice in this sport. Group II, was constituted by 10 male cyclists of the national selection, 18 to 30 years old, who had an average of 5 years of practice in this sport. Group III, was constituted by 14 male, basketball players, 14 to 19 years old, who had an average of 2 years of practice in this sport. Group IV, was constituted by 14 swimmers, 10 males and 4 females, 10 to 18 years old, who had an average of 2 years of practice in this sport. The 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 percentage of the vital capacity of each subject. In the sportsmen, there was a highly significant decrease in closing volume when compared to the sedentary subjects ( $p < 0.001$ ). This results suggests that the sportsmen have either a diminution of resistance in the small airways or an increase in lung elastic recoil or both factors at the same time.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1— ANTHONISEN NR., DAWSON J., ROBERTSON PC.: Airway closure as a function of age. *Resp Physiol* 8: 58-65, 1969.
- 2— ANTHONISEN NR., ROBERTSON PC., ROSS WRD.: Gravity dependent sequential emptying of lung regions. *J Applied Physiol* 28: 589-595, 1970.
- 3— BEGIN R., RENZETTI AD., BIGLER AH., WATANABE S.: Flow and age dependence of airway closure and dynamic compliance. *J Applied Physiol* 38: 199-207, 1975.
- 4— BUIST AS.: Early detection of airways obstruction by the closing volume technique. *Chest* 64: 495-499, 1973.
- 5— BUIST AS., ROSS BB.: Predicted values for closing volume using a modified single breath nitrogen tes. *Am Rev Res Dis* 107: 744-752, 1973.

- 6- BUIST AS., VAN FLEET DL., ROSS BB.: 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.
- 7- BURGER EJ., MACKLEM PT.: Airway closure demonstration by breathing 100% O<sub>2</sub> at low lung volume and by N<sub>2</sub> washout *J Applied Physiol* 25: 139-148, 1968.
- 8- COLLINS JV.: Closing volume. A test of small airway function? *Brit J Dis Chest* 67: 1-17, 1973.
- 9- EKBLOM B.: Effect of physical training in adolescent boys. *J Applied Physiol* 27: 350-355, 1969.
- 10- ENGEL LA., GRASSINO A., ANTHONISEN NR.: Demonstration of airway closure in man. *J Applied Physiol* 38: 1117-1125, 1975.
- 11- FORKERT L., DHINGRA S., ANTHONISEN NR.: Airway closure and closing volume. *J Applied Physiol* 46: 24-30, 1979.
- 12- GELB AF., ZAMEL N.: Simplified diagnosis of small airway obstruction. *N Eng J Med* 288: 395-398, 1973.
- 13- HOEPPNER VH., COOPER DM., ZAMEL N., BRYAN AC., LEVISON H.: Relationship between Elastic Recoil and closing volume in smokers and nonsmokers. *Am Rev Res Dis* 109: 81-86, 1974.
- 14- HOLLAND J., MILIC-EMILI J., MACKLEM PT., BATES DV.: Regional distribution of pulmonary ventilation and perfusion in elderly subjects. *J Clin Invest* 47: 81-92, 1968.
- 15- HUGHES JMB., ROSENZWEIG DY., KIVITZ PB.: Site of airway closure in excised dog lungs: Histologic demonstration. *J Applied Physiol* 29: 340-344, 1970.
- 16- HYATT RE., OKESON GC.: Expiratory flow limitation the cause of so-called "airway closure" or "closing volume". *The Physiologist* 14: 166, 1971.
- 17- HYATT RE., OKESON GC., RODARTE JR.: Influence of expiratory flow limitation on the pattern of lung emptying in normal man. *J Applied Physiol* 35: 411-419, 1973.
- 18- HYATT RE., RODARTE JR.: Closing volume one man's noise other men's experiment. *Mayo Clinic Proceed* 50: 17-27, 1975.
- 19- JAKYMEC BA.: Medición del volumen de cierre en nadadores. Trabajo presentado ante el Consejo de la Facultad de Medicina L.U.Z. 1980. Biblioteca Facultad de Medicina. LUZ. Maracaibo. Venezuela.

- 20- KNUDSON R.J., LEBOWITZ MD., KNUDSON DE.: The closing volume test: Evaluation of Nitrogen and Bolus Methods in Random Population. *Am Review Res Dis* 115: 423-434, 1977.
- 21- 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.
- 22- MACKLEM PT.: Obstruction in small airways a challenge to Medicine. *Am J Med* 52: 721-724, 1972.
- 23- MANSELL A., BRYAN CH., LEVISON H.: Airway closure in children. *J Applied Physiol* 33: 711-714, 1972.
- 24- MANSELL A., DUBRAWISKY CH., BRYAN CH., LEVISON H.: Relationship between elastic recoil and "closing volume". *The Physiologist* 15; 207, 1972.
- 25- McCARTHY DS., 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.
- 26- MILIC-EMILI J., HENDERSON JAM., DOLOVICH MB., TROP D., KANEKO K.: Regional distribution of inspired gas in the lung. *J Applied Physiol* 21: 749-759, 1966.
- 27- OSMANLIEV DP., POPOV PK.: Influence of expiratory flow rate on "closing volume" measurement. *J Applied Physiol* 46: 1011-1015, 1979.
- 28- PETTY TL., WAYNE SILVERS G., STANFORD RE.: Small airway Dimension and Size Distribution in Human Lungs with an Increased Closing Capacity. *Am Review Resp Dis* 125: 535-539, 1982.
- 29- PIÑA A., RINCON E., JAKYMEC A., VILLALOBOS C.: Estudio de la función de las vías aéreas finas en deportistas de Water Polo. *Invest Clín* 23(1): 3-12, 1982.
- 30- RINCON E., SALCEDO H., MEDINA C., FORD J.: Medición del volumen de cierre en sujetos fumadores. *Invest Clín* 19(2): 68-75, 1978.
- 31- RODARTE JR., HYATT RE., CORTESE DA.: Influence of expiratory flow on closing capacity at low expiratory flow rates. *J Applied Physiol* 39: 60-65, 1975.
- 32- SOLOMON DA.: Are Small Airways Test Helpful in the Detection of Early Airflow Obstruction? *Chest* 74: 567-569, 1978.

- 33- SOLLIDAY NH., CHANDRASEKHAR AJ., NAM KI., CUGELL DW.: The Lazy Respiratory Center - or How to Recognize a Tired Horse. *Chest* 66: 71-76, 1974.
  - 34- STEMLER EJ., DUBOIS AB.: Pulmonary tissue and surface elastic forces at low lung volumes in rabbits. *J Applied Physiol* 25: 473-478, 1968.
  - 35- SUSSKIND H., ATKINS HL., KLOPPER JF., ANSARI AN., RICHARDS P.: Comparison of airway closure measured in vivo and from single breath washout curve. *J Applied Physiol* 50: 587-596, 1981.
  - 36- SUTHERLAND PW., KATSURA T., MILIC-EMILI J.: Previous volume history of the lung and regional distribution of gas. *J Applied Physiol* 25: 566-574, 1968.
  - 37- TURNER J., MEAD J., WOHL ME.: Elasticity of human lungs in relation to age. *J Applied Physiol* 25: 664-671, 1968.
  - 38- VACCARO P., ZAUNER CW., UPDIKE WF.: Resting and exercise respiratory function in well trained child swimmers. *J Sport Med Phys Fitness*. Vol. 17: 297-306, 1977
  - 39- WENG TR., LEVISON H.: Standards of pulmonary function in children. *Am Rev Resp Dis* 99: 879-894, 1969.
  - 40- WILLIAMS JV., TIERNEY DV., PARKER HR.: Surface forces in the lung, atelectasis and transpulmonary pressure. *J Applied Physiol* 21: 819-827, 1966.
  - 41- YOUNG SL., TIERNEY DV., CLEMENT JA.: Mechanism of compliance change in excised rat lungs at low transpulmonary pressure. *J Applied Physiol* 29: 780-785, 1970.
  - 42- ZAPLETAL A., MOTOYAMA EK., VAN DE WOESTIJNE KP., HUNT VR., BOUHUYS A.: Maximum expiratory flow-volume curve and airway conductance in children and adolescents. *J Applied Physiol* 26: 308-316, 1969.
-