

PRUEBAS FUNCIONALES RESPIRATORIAS. IMPORTANCIA Y SIGNIFICADO CLÍNICO¹

V. MANUEL ALATRISTE V.^{2,3}
EDMUNDO LEÓN M.³

LAS PRUEBAS FUNCIONALES respiratorias estudian y nos dan un conocimiento del rendimiento de la función del aparato respiratorio, proporcionándonos un diagnóstico funcional^{1,2} del estado de las reservas funcionales respiratorias y en forma indirecta de la capacidad funcional del ventrículo izquierdo.

Actualmente las pruebas funcionales respiratorias son tan importantes; como lo son, en su campo las pruebas funcionales hepáticas, las pruebas funcionales renales o cualquier otro tipo de pruebas que estudien la función^{3,4}, ya que el estudio, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardio-

respiratorias en nuestro tiempo, no sólo deben apoyarse en datos de anamnesis, radiológicos o en exámenes de laboratorio destinados a probar o descartar la presencia de gérmenes en el esputo⁵; sino que siempre debe existir el dato de apreciación objetiva de la alteración funcional, en este caso, de la función pulmonar demostrado por las pruebas funcionales respiratorias.

Las pruebas funcionales respiratorias al evaluar el funcionalismo, y al igual que el electrocardiograma y radiografía de tórax, no proporciona diagnósticos patológicos o bacteriológicos de neumopatía; sin embargo, el cardiólogo puede afirmar, con suficiente seguridad, por ejemplo, que un trazo electrocardiográfico sugiere hipertrofia del ventrículo derecho ya sea por una estenosis pulmonar, por una Tetralogía de Fallot o por una comunicación interventricular⁶; o bien, el radiólogo puede opinar que determinado patrón de moteado difuso pulmonar es sugestivo de fibrosis pulmonar. Pero dichos diag-

1. Trabajo presentado en la Mesa Redonda sobre INHALOTERAPIA, en el Centro Hospitalario 20 de Noviembre, el día 11 de octubre de 1969. Coordinador de la Mesa.
2. Médico de Base de la Unidad de Cuidados Intensivos del Centro Hospitalario 20 de Noviembre.
3. Médico ayudante voluntario de tiempo completo del Servicio de Cardiopulmonar del Instituto Nacional de Cardiología.

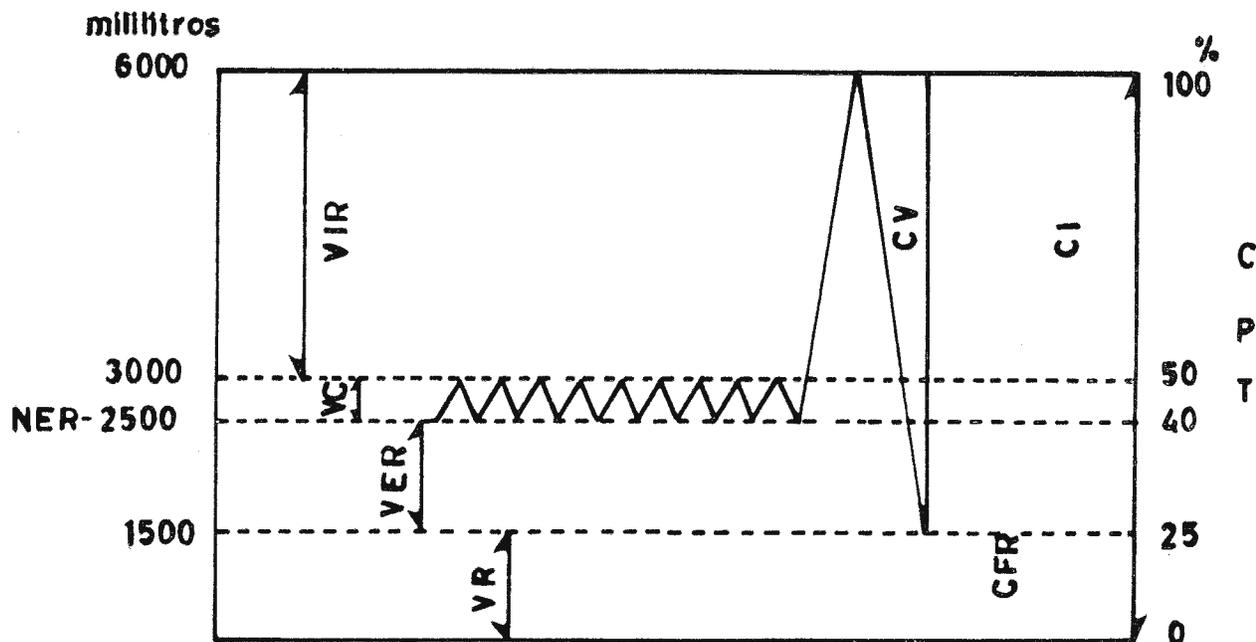


FIGURA 2. Volúmenes y capacidades pulmonares. Las siglas son las mismas que en la Tabla I. (Esquema reproducido con la amable autorización del autor: Galland, F. Ventilación pulmonar. Consideraciones generales. Arch. Inst. Cardiol. Méx., 35: 208, 1965).

sólo los simples fenómenos inspiratorio y espiratorio, sino también, todo el mecanismo de presiones y resistencias que en los mismos entran en juego (mecánica respiratoria), la distribución del aire inspirado y la eficacia de esta ventilación (ventilación alveolar, espacio muerto anatómico, espacio muerto alveolar y espacio muerto funcional).

ESPIROMETRÍA

Un capítulo del estudio de la ventilación lo forma la Espirometría, que es el estudio de los compartimientos del volumen pulmonar, por lo que son, en esencia, mediciones anatómicas o morfológicas que refieren la cantidad de aire contenido en el pulmón en diversas condiciones; pero las alteraciones en el tamaño relativo de estos compartimientos reflejan, a menudo, alteraciones en la función, por lo que sus mediciones poseen importancia tanto clínica como fisiológica, al igual que el conocimiento de los valores normales y sus modificaciones. A este tipo de volúmenes pulmonares se les conoce con el nombre de volúmenes pulmonares estáticos, a diferencia

de aquellos que estudian los cambios de la velocidad del aire, que constituyen los volúmenes pulmonares dinámicos, y por último, también estudia el consumo de oxígeno y la ventilación minuto.

Los términos usados para los diversos compartimientos y subdivisiones, son los establecidos, en 1950, por un grupo de fisiólogos americanos, y ahora ampliamente admitidos¹². Estos términos, sus siglas y definiciones, se muestran en la tabla I. La figura 2 presenta los volúmenes y capacidades pulmonares diseñados espirográficamente. El término "volumen" hace referencia a uno de los cuatro compartimientos primarios de la capacidad pulmonar total. El término "capacidad" se refiere a los procedimientos de verificación de la función pulmonar; cada "capacidad" está compuesta de dos o más de los "volúmenes" primarios¹³.

Cuando un sujeto cambia su posición ortostática al decúbito supino, los cambios en los volúmenes pulmonares muestran grandes variaciones individuales entre las posiciones erecta y acostada³. Frecuentemente no se observa esta diferencia: sin embargo,

COMPORTAMIENTOS PRIMARIOS DEL VOLUMEN PULMONAR			CAPACIDADES PULMONARES		
<i>Término generalizado</i>	<i>Siglas</i>	<i>Definición</i>	<i>Término generalizado</i>	<i>Siglas</i>	<i>Definición</i>
Volumen inspiratorio de reserva	VIR	Volumen máximo que puede inspirarse desde el final de la inspiración corriente	Capacidad inspiratoria	CI	Volumen máximo que puede inspirarse desde el nivel espiratorio en reposo
Volumen corriente	VC	Volumen de aire inspirado o espirado durante cada ciclo respiratorio	Capacidad vital	CV	Volumen máximo que puede ser expulsado de los pulmones con fuerza tras una inspiración máxima
Volumen espiratorio de reserva	VER	Volumen máximo que puede espirarse con esfuerzo tras una espiración pasiva normal	Capacidad funcional residual	CFR	Volumen de aire que queda en los pulmones después de una espiración normal
Volumen residual	VR	Volumen de aire que queda en los pulmones al final de una espiración máxima	Capacidad pulmonar total	CPT	Volumen de aire que queda en los pulmones al final de una inspiración máxima.

la posición del cuerpo afecta el nivel espiratorio de reposo, tal como se observa en la figura 3. Lo que se explica porque en decúbito dorsal, el diafragma está algo elevado, de manera que el nivel espiratorio de reposo, tal como se ve en el espirograma, es bajo, y la capacidad inspiratoria es cuatro veces mayor que el volumen espiratorio de reserva. En ortostatismo, el peso de las vísceras abdominales tira del diafragma hacia una posición más inspiratoria con un nivel espiratorio de reposo más alto. Esto se refleja en un incremento de la capacidad funcional residual y por un descenso en la proporción CI/VER de 2 a 1, o menos.

La figura 4, ilustra los cambios en el volumen corriente durante el ejercicio cuando aumentan el rendimiento del trabajo y el volumen de la ventilación. El aumento del volumen corriente se realiza, sobre todo, a expensas del volumen inspiratorio de reserva hasta que el ejercicio es intenso, en cuyo momento el volumen corriente también afecta al volumen espiratorio de reserva.

CAPACIDAD VITAL.

Es la prueba más antigua y más perfectamente estudiada de la función pulmonar. John Hutchinson en 1846¹¹ describió y definió la CV, reconociendo que la CV variaba directamente con la talla y la expansión torácica, e inversamente con la edad. A partir de esta fecha, por la rapidez y sencillez con que podía medirse, dio lugar a un gran número de estudios subsiguientes de la CV con tablas de valores normales y fórmulas para su obtención, datos que no se mencionan por no ser ésta la finalidad del trabajo.

Es de gran importancia conocer los *factores normales que modifican la capacidad vital* (aclarando que en individuos sanos puede ofrecer una variación del 20% en más o en menos, con respecto a los valores calculados):

Ropas ajustadas.—Las ropas ajustadas disminuyen la CV, por lo que es importante evitarlas cuando se efectúen estos estudios, sobre todo en mujeres.

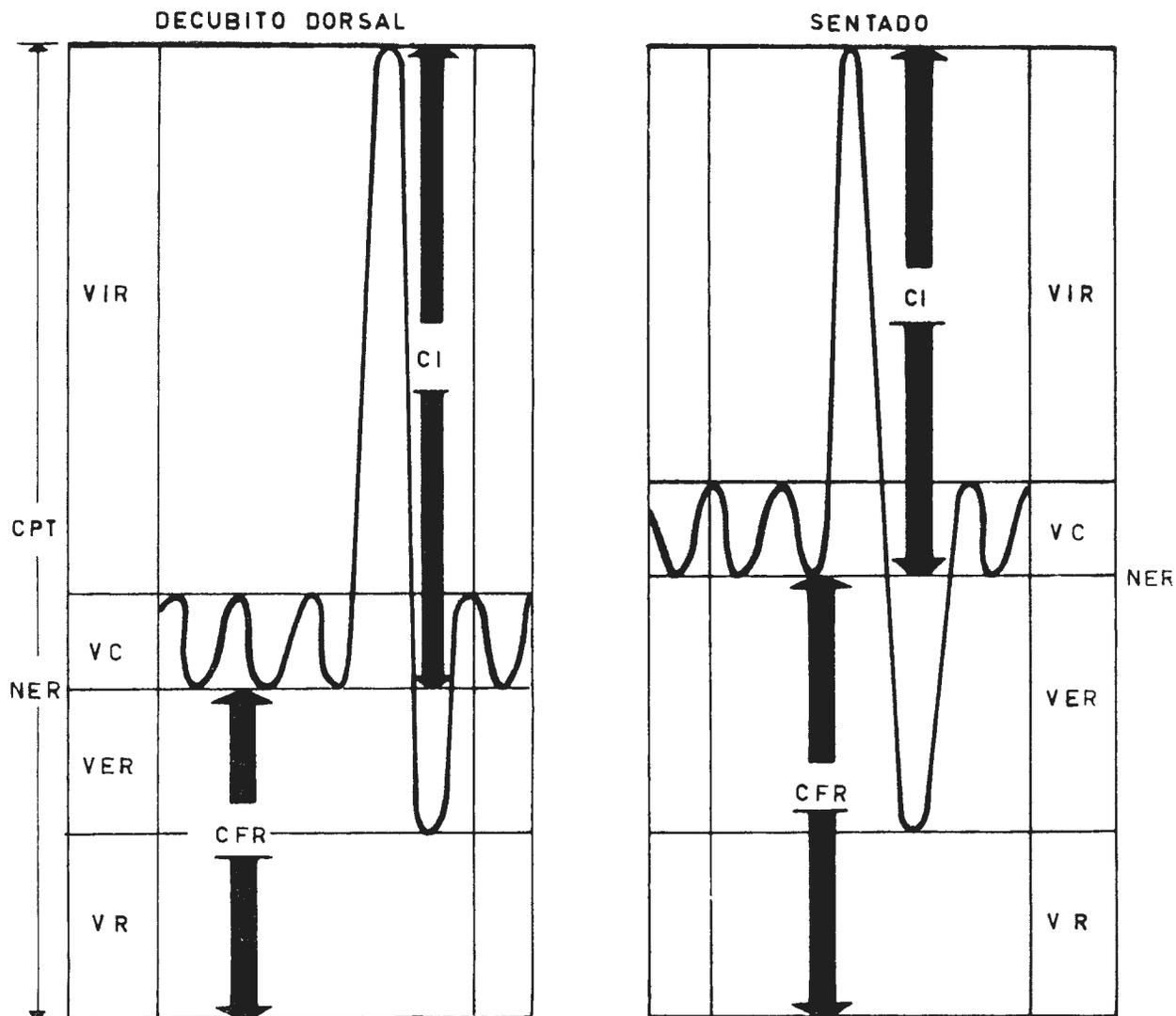


FIGURA 3. Espirogramas de un sujeto en decúbito dorsal y sentado. Para mostrar el desplazamiento del nivel espiratorio de reposo y los cambios consiguientes en los volúmenes y capacidades pulmonares. Las siglas son las mismas que en la Tabla I.

Sexo.—Tienen las mujeres menor CV que los hombres de la misma estatura.

Estatura.—La CV aumenta proporcionalmente a la altura del sujeto. Sujetos más altos tienen mayor CV.

Edad.—La edad aumenta la CV en los niños proporcionalmente al aumento en estatura, peso y superficie corporal. A partir de los 16 años la CV disminuye con el aumento de la edad^{15,18}.

Posición del cuerpo.—Los valores máximos de la CV se obtienen en posición de pie; se produce una pequeña disminución al sentarse; el decúbito

dorsal disminuye la CV un promedio de 145 ml, y el decúbito ventral produce una mayor disminución, de unos 168 ml. Estos hallazgos comunicados por Moreno y Lyons^{19,21}, son atribuidos fundamentalmente a acumulación de sangre en los pulmones en el decúbito.

Ejercicio.—El ejercicio intenso produce disminución de la CV, la cual también se atribuye a cambios en el volumen de la sangre contenida en el lecho vascular pulmonar.

Temperatura.—La temperatura ambiente modifica la CV por los desplazamientos que produce en la distribución de la sangre; cuando hay vasocons-

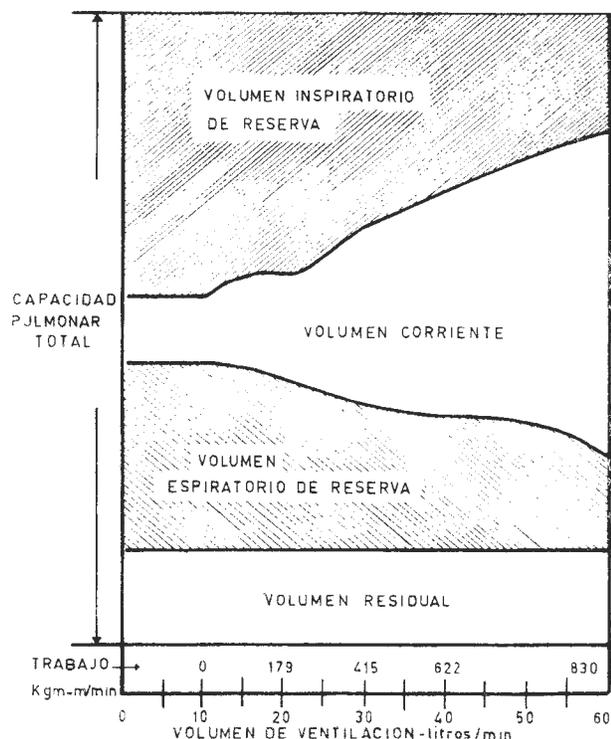


FIGURA 4. Diagrama que muestra el efecto del ejercicio creciente sobre la ventilación y los volúmenes pulmonares. La mayor parte del aumento en el volumen corriente procede del volumen inspiratorio de reserva.

tricción periférica por el frío, aumenta el volumen central y disminuye la CV. Cuando hay vasodilatación periférica por el calor, ocurre lo contrario²².

Presión barométrica.—A diferentes niveles sobre el nivel del mar, en sujetos perfectamente aclimatados, no existe diferencia en la CV, como lo demostró el estudio de Sánchez-España en la ciudad de México²³.

Factores patológicos que afectan la capacidad vital.

La CV puede disminuir por muy variadas causas patológicas. En muchos casos, la disminución traduce una reducción absoluta de la cantidad de tejido pulmonar; como por ejemplo, en la neumonía o en las resecciones pulmonares; en otras ocasiones la disminución de la CV no es debida a alteraciones propiamente del parénquima, sino a otras condiciones no pulmonares que impiden distender el parénquima pulmonar. Siempre que está disminuida la CV se hace el diagnóstico de alteración restric-

tiva, entendiéndose por ello, una disminución de la cantidad máxima de aire que puede entrar o salir de los pulmones, ya sea porque uno de los pulmones no exista, por estar destruido por procesos patológicos o porque no se pueda inflar, como en el caso de la parálisis de los músculos respiratorios; funcionalmente es lo mismo, es decir, hay una disminución o restricción del volumen pulmonar funcionante^{7, 9, 13, 24};

Causas pulmonares de las alteraciones restrictivas:

- 1) Obstrucción de las vías aéreas (por colapso o por ocupación).
- 2) Anormalidades del tejido pulmonar que ocupan o substituyen los alvéolos.

Causas no pulmonares de las alteraciones restrictivas:

- 1) La limitación de los movimientos respiratorios por depresión del centro respiratorio o por enfermedades neuromusculares (como en la poliomielitis, la miastenia grave, la depresión central en infantes prematuros).
- 2) Limitación de la expansión torácica (como en el caso de posiciones anormales: decúbito lateral en cirugía de tórax, vendajes apretados, escleroderma, deformidades del tórax como en la cifoscoliosis).
- 3) Limitación al descenso del diafragma por el embarazo, ascitis, etc.
- 4) Limitación a la expansión del tórax por disminución del espacio intratorácico (como los derrames pleurales, derrames pericárdicos abundantes, hernia diafragmática o neumotórax).

VOLUMEN RESIDUAL Y CAPACIDAD FUNCIONAL RESIDUAL

El volumen residual, es la cantidad de aire que queda en los pulmones, después de una espiración máxima. Tomando en cuenta la definición anterior, de que es un volumen de aire que no se puede espirar, es evidente que se mide sólo por métodos indirectos; los cuales primero nos proporcionan el valor de la CFR y a la que se le resta el VER obteniéndose así, el VR.

Entre los factores normales que modifican el VR y la CFR tenemos^{2,7}:

Sexo.—El sexo modifica la CFR, siendo menor en las mujeres que en los hombres. Aumenta con la estatura.

Edad.—El VR aumenta con la edad; como simultáneamente la capacidad vital disminuye.

Posición.—La CFR disminuye en el decúbito; la causa de esta disminución es probablemente el desplazamiento del diafragma así como la redistribución del volumen circulante.

Embarazo.—El embarazo produce disminución del VR y de la CV, los cuales regresan a cifras normales a partir del primer mes después del parto.

Factores patológicos que afectan el volumen residual y la capacidad funcional residual^{3,7,12,21}.

La CFR actúa normalmente como amortiguador para prevenir amplias fluctuaciones en las tensiones de oxígeno y anhídrido carbónico (PAO_2 v $PA-CO_2$) durante el ciclo respiratorio.

El VR y la CFR disminuyen o aumentan usualmente en forma conjunta. La *disminución* sólo se observa en aquellos estados en los que existe un proceso difuso que reduce el tejido pulmonar con actividad funcional, como por ejemplo, la granulomatosis o fibrosis pulmonar difusa.

El *aumento* del VR y la CFR debe interpretarse como una sobredistensión del pulmón, añadiendo que el aumento de la CFR significa que el pulmón está sobredistendido durante la respiración tranquila, y el aumento del VR, que el pulmón está todavía sobredistendido, aún después de un esfuerzo espiratorio máximo; es decir, el paciente no puede reducir voluntariamente su tórax y pulmones al tamaño normal. Podemos resumir las causas principales de la siguiente forma:

- 1) Cambios estructurales del parénquima pulmonar producidos por enfermedades o por el proceso de envejecimiento.
- 2) Obstrucción parcial de las vías aéreas, predominantemente de tipo espiratorio.
- 3) Sobredistensión pulmonar secundaria a resección pulmonar.
- 4) Sobredistensión por deformación del tórax.

En la práctica clínica, el VR se valora muy a menudo en relación con la capacidad pulmonar total y se expresa como la proporción VR/CPT. Un aumento de esta proporción no indica necesariamente sobredistensión, puesto que el aumento en dicha proporción puede resultar no sólo de un aumento en el VR, sino también de una reducción en la CPT, sin cambio alguno en el VR. Esto puede ocurrir en afecciones como congestión o fibrosis pulmonar, e incluso con un vendaje apretado al tórax. Aun cuando la razón VR/CPT puede servir de índice útil, sólo debería interpretarse en relación con el valor absoluto para el VR. Aunque algunos estudios anteriores llegaron a la conclusión, de que una proporción VR/CPT superior al 35% sugiere en gran manera una sobredistensión o un trastorno de la ventilación alveolar. Otros investigadores, estudiando grupos de individuos sanos de edad avanzada, hace poco han encontrado valores medios del 35% para la proporción VR/CPT y otros hasta del 50%.

Para completar este trabajo, se revisarán de una manera resumida los volúmenes pulmonares dinámicos, que a diferencia de los anteriores, estudian los cambios de la velocidad del aire relacionados con una unidad de tiempo, proporcionándonos, en una forma muy aproximada el verdadero estado de la función ventilatoria⁴.

Estas pruebas en general no son específicas y las alteraciones de una pueden repercutir en otra, por esto se consideran como un índice u orientación general de la función mecánica del pulmón y del tórax. A pesar de estas limitaciones, estos estudios tienen gran valor como un estudio preliminar para determinar, si existen o no, alteraciones de la función pulmonar. Son excepcionales los casos en los que existen anomalías del intercambio gaseoso que no tengan alteraciones mecánicas detectables con este tipo de estudios⁷.

VENTILACIÓN MÁXIMA VOLUNTARIA (VMV)

La ventilación máxima voluntaria es llamada también capacidad respiratoria máxima, siendo la primera denominación la más correcta^{9,25}.

La VMV es el volumen máximo de aire que puede respirarse en un minuto con el esfuerzo voluntario (figura 5). El valor promedio teórico normal para la VMV está calculado de acuerdo con la edad, el sexo y la superficie corporal²⁶; aumentando proporcionalmente con el peso, la superficie corpo-

VENTILACION MAXIMA VOLUNTARIA

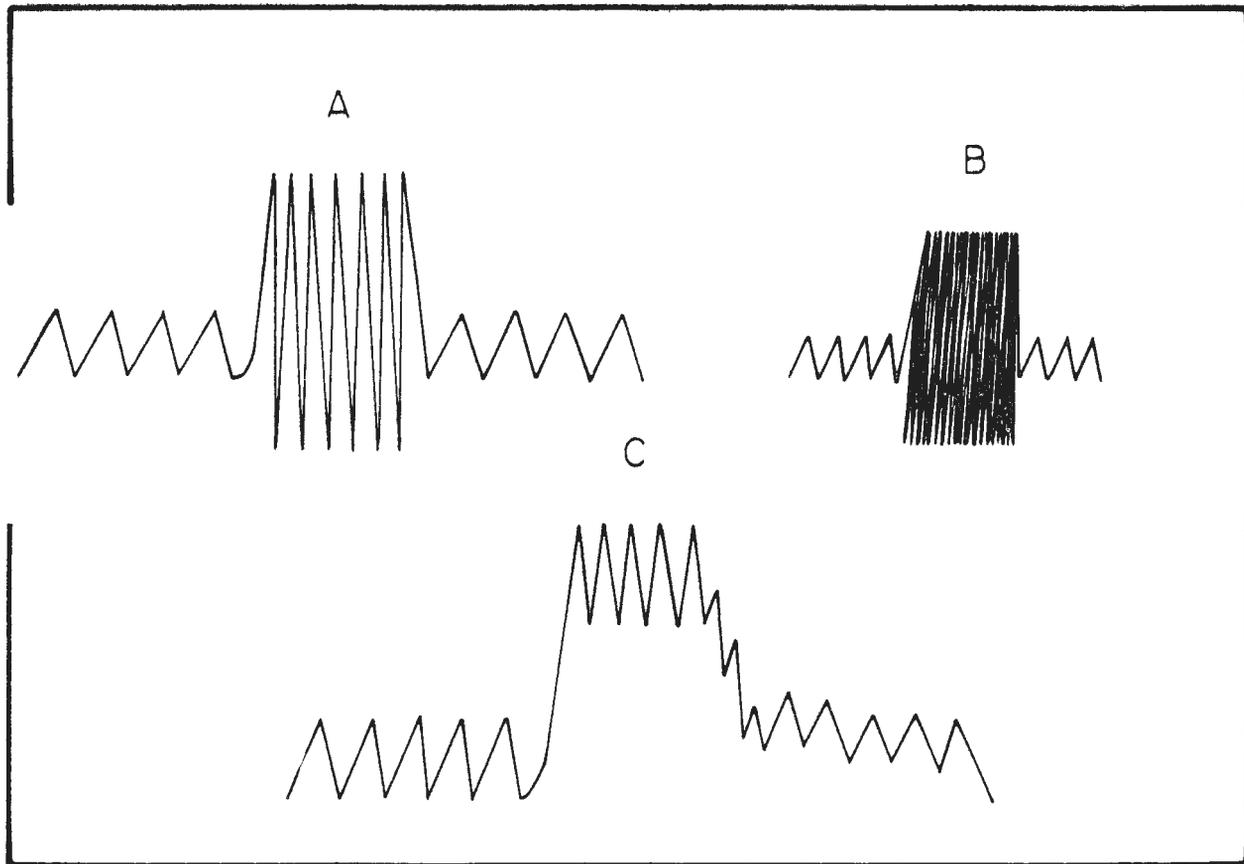


FIGURA 5. Ventilación máxima voluntaria. A) Sujeto normal. B) Paciente con alteraciones mecánicas de tipo restrictivo y C) Paciente con alteraciones mecánicas de tipo obstructivo (para explicaciones ver el texto).

ral y la estatura. Los hombres tienen mayor VMV que las mujeres, y con la edad disminuye. La presión barométrica modifica los valores de la VMV, ya que a nivel del mar, son menores²³.

Debido a tantos factores normales que modifican la VMV, una persona normal puede desviarse en un 25-35% de los valores promedios para su grupo.

Para que un sujeto pueda alcanzar una VMV normal, es necesario que exista una integridad de los elementos que intervienen en la mecánica respiratoria, principalmente, de la fuerza muscular disponible, de la distensibilidad de los pulmones y del tórax, y de la permeabilidad de las vías aéreas.

Entre las causas patológicas que disminuyen importantemente la VMV, están las alteraciones mecánicas de tipo obstructivo⁷ que engloba principal-

mente a las neumoopatías obstructivas difusas crónicas; sin embargo, en las alteraciones mecánicas de tipo restrictivo también disminuye la VMV, no de manera muy importante, sino sólo en los estadios muy avanzados.

Además del signo mensurable de la VMV, existen alteraciones en la morfología del trazado de la misma, exclusivamente en las alteraciones mecánicas de tipo obstructivo y que son de gran importancia¹:

- a) Inscripción de la VMV únicamente o preferentemente, en la zona del volumen inspiratorio de reserva; siendo la alteración más grave cuanto más marcada sea esta inscripción sobre el VIR (figura 5 C).
- b) Signo del "atrapamiento aéreo": después de la VMV el regreso a la posición inicial del

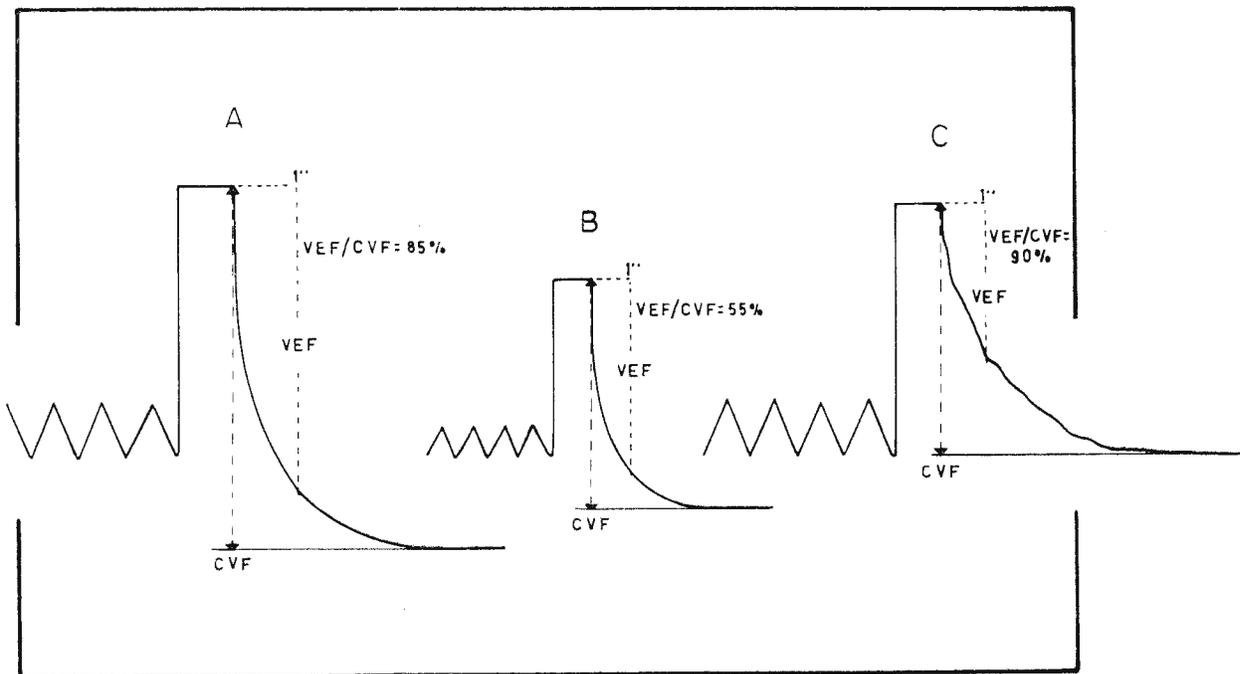


FIGURA 6. Volumen espiratorio forzado en el primer segundo y su relación con la capacidad vital forzada. A) Sujeto normal. B) Paciente con alteraciones mecánicas de tipo restrictivo y C) Paciente con alteraciones mecánicas de tipo obstructivo. (Para explicaciones ver el texto).

VEF: volumen espiratorio forzado.

CVF: capacidad vital forzada.

nivel espiratorio de reposo no se logra, sino fraccionadamente, a través de algunos ciclos respiratorios, traduciendo la dificultad de salida del aire a consecuencia del proceso obstructivo.

VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO (VEF).

El volumen espiratorio forzado es también llamado capacidad vital cronometrada o capacidad vital forzada^{3,7}.

Es una prueba que mide el volumen expulsado con una espiración de lo más rápida y forzada posible en un tiempo determinado. El tiempo puede ser el primer segundo (VEF 1 seg.), el segundo segundo (VEF 2seg.) o el tercer segundo (VEF 3 seg.). El más utilizado en nuestro medio es el VEF 1 seg. El volumen en un segundo puede ser expresado, o bien como el por ciento de la capacidad vital efectuada por ese paciente en la misma prueba (capacidad vital forzada. CVF) $\frac{\text{VEF 1 seg.}}{\text{CVF}}$ o índice de

Tiffeneau; o bien expresarlo en su valor absoluto en litros por segundo (figura 6). Los valores normales de este índice oscilan entre el 70% y 90%.

Este índice está reducido en aquellos pacientes con alteraciones mecánicas del tipo obstructivo, pero no en los de tipo restrictivo sin obstrucción (figura 6 B y C).

RESUMEN

El presente trabajo expone el significado e importancia actual de algunas de las pruebas funcionales respiratorias con respecto al estudio y tratamiento de los enfermos cardiopulmonares. Se hace un resumen de la función respiratoria y de los componentes y factores que intervienen en ella, y por último, desarrolla el capítulo correspondiente a la Espirometría, en donde se explican tanto los volúmenes pulmonares estáticos, como los dinámicos, definiendo cada uno de ellos y mencionando las causas que los modifican, normales y patológicas.

REFERENCIAS

1. DIEBOLD, O.: JUNGHANS, H. ZUKSCHWERDT, T. L.: *Tratado de Patología y Clínica Quirúrgica*, Tomo II. Salvat. 1963.
2. HAUCH, H. J.: *Fisiología y Fisiopatología de la respiración y circulación*. Citado por Diebold en *Tratado de Patología y Clínica Quirúrgica*. Tomo II. Salvat. 1963.
3. COMROE, J. H.; FORSTER, R. E., DUBOIS, A. B., BRISCOE, W. y CARLSEN, E.: *The Lung, Clinical Physiology and Pulmonary Function Tests*. The Year Medical Book Publishers Inc. Chicago. 1963.
4. AGUSTI, A.: *La exploración de la función respiratoria*. Ediciones DAIMON-MANEL TAMAYO Madrid, Barcelona. México. 1965.
5. FARRERAS, P.: *Citado por Agustí en La Exploración de la función respiratoria*. Ediciones DAIMON-MANEL TAMAYO. Madrid, Barcelona. México, 1965.
6. CISNEROS, F.: *Seminario de Electrocardiografía clínica para Médicos Residentes y Ayudantes voluntarios del Instituto Nacional de Cardiología*. 1969.
7. TORRES, G. E.: *Insuficiencia respiratoria. Aplicaciones clínicas y bases fisiológicas*. La Prensa Médica Mexicana. 1967.
8. FRANKLIN, W.: *Pulmonary function tests: practical application and limitations in general practice*. Med. Clin. Amer. 41: 1171, 1957.
9. COMROE, J. H.: *Physiology of Respiration and Introductory*. Test. Chicago. Year Book Medical Publisher Incorporated. 1965.
10. SNIDER, G. L. and RADNER, S.: *The Clinical applications of pulmonary function testing*. Med. Clin. N. Amer. 43: 445, 1959.
11. VILLACIS, E.: *Considerations on tests of pulmonary function*. Arch. Inst. Cardiol. Méx. 31: 212, 1961.
12. PAPPENHEIMER, J. R.: *Standardization of definition and symbols in respiratory physiology*. Fed. Proc. 9: 602, 1950.
13. KORY, R. C., F. A. C. P., F. C. C. P.: *Compartments of Lung Volume and Their Physiologic Significance*. Advances in Cardiopulmonary Diseases. Volume III. 1966.
14. HUTCHINSON, J.: *On capacity of lungs and on respiratory functions with view of establishing a precise and easy method of detecting disease by spirometer*. Tr. Med. Chir. Soc. London. 29: 137, 1846 (Mencionado por Gordon en *Clínica Cardiopulmonar*, Segunda edición. Editorial Científico-Médica. 1966).
15. DEMUTH, G. R.: *Prediction of Lung Function Values in Children*. Amer. J. Dis. Chil. 109: 443, 1965.
16. GEUBELLE, F. and RUDDER, P. DE.: *Respiratory studies in Children*. III. Variability of the lung volumes in healthy children. Acta Paediat. 50: 595, 1961.
17. GEUBELLE, F. and RUDDER, P. DE.: *Respiratory studies in Children*. II. Functional residual capacity in healthy children. Acta Paediat. 50: 277, 1961.
18. LYONS, H. A. and TANNER, R. W.: *Total lung volume and its subdivisions in children: normal standards*. J. Appl. Physiol. 17: 601, 1962.
19. MORENO, F. and LYONS, H. A.: *Effect of body posture on lung volumes*. J. Appl. Physiol. 16: 27, 1961.
20. HAMILTON, W. F., and MORGAN, A. B.: *Mechanisms of the postural reduction in vital capacity in relation to orthopnea and storage of blood in the lungs*. Am. J. Physiol. 99: 526, 1932. (Mencionado por Torres en *Insuficiencia respiratoria. Aplicaciones clínicas y bases fisiológicas*. La Prensa Médica Mexicana. 1967).
21. PETIT, J. M.; MILIC-EMILI, G., and DELHEZ, L.: *Role of the diaphragm in breathing in conscious normal man: an electromyographic study*. J. Appl. Physiol. 15: 1101, 1960.
22. GLASER, E. M.: *The effect of cooling and warming on the vital capacity, forearm and hand volume, and skin temperature of man*. J. Physiol. London 109: 421, 1949 (Mencionado por Torres en *Insuficiencia respiratoria. Aplicaciones clínicas y bases fisiológicas*, La Prensa Médica Mexicana. 1967).
23. SANCHEZ-ESPAÑA, J.: *Determinación de los valores normales de la capacidad vital, capacidad respiratoria máxima y capacidad vital cronometrada en la ciudad de México*. Tesis recepcional. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. 1964.
24. GORDON, B. L., KORY, R. C.; ANDREWS, A. H., LEVINE, E. R. y SAMPSON, J.: *Clínica Cardiopulmonar*. Segunda edición. Editorial Científico-Médica. 1966.
25. GRAY, J. S.; BARNUM, D. R.; MATHESON, H. W., and SPIES, S. N.: *Ventilatory function tests. I. Voluntary ventilation capacity*. J. Clin. Invest. 29: 677, 1950 (Mencionado por Torres en *Insuficiencia respiratoria. Aplicaciones clínicas y bases fisiológicas*. La Prensa Médica Mexicana. 1967).
26. MATHESON, H. W., and GRAY, J. S.: *Ventilatory function tests. II. Factors affecting the voluntary ventilations capacity*. J. Clin. Invest. 29: 682, 1950. (Mencionado por COMROE en *The Lung Clinical Physiology and Pulmonary Function tests*. The Year Medical Book. Publishers Inc. Chicago. 1963).