

# DETECCION DE LA OBSTRUCCION BRONQUIAL ESPIRATORIA MEDIANTE EL ESPIROMETRO

R. PESET REIG y TH. VAN DER MARK

Servicio de Patofisiología Respiratoria.  
Clínica de Medicina Interna.  
Hospital Académico. Groningen. Holanda.

De acuerdo con nuestros resultados, el empleo de la capacidad vital forzada en el estudio de la obstrucción bronquial en enfermos con limitación crónica al flujo aéreo introduce errores en la caracterización de la gravedad de la enfermedad.

La capacidad vital forzada minusvalora el volumen pulmonar existente realmente entre capacidad pulmonar total y volumen residual.

Es aconsejable el empleo de la capacidad vital lenta inspiratoria.

The detection of expiratory bronchial obstruction with spirometry

The use of the forced vital capacity in the study of bronchial obstruction in patients with chronic air flow limitation introduces, according to our results, errors in the measurement of the degree of severity of the disease.

The forced vital capacity undervalues the real pulmonary volume that exists between the total pulmonary capacity and the residual volume.

We favour the use of the slow inspiratory vital capacity.

## Introducción

Tiffeneau et al<sup>1</sup> introdujeron hace más de 30 años el cociente entre el volumen espiratorio forzado en un segundo y la capacidad vital (la llamada capacidad pulmonar utilizable al esfuerzo) para la determinación de la función ventilatoria del pulmón mediante un espirómetro. Para medir este cociente emplearon la capacidad vital forzada. El mismo año, Gilson y Hugh-Jones<sup>2</sup>, escribieron que «... la experiencia demuestra que una espiración muy rápida arroja una capacidad vital que es demasiado pequeña».

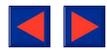
Seis años después, en 1955, Scarrone et al<sup>3</sup> describen grandes diferencias entre la capacidad vital medida lenta o rápidamente. Parece ser que el concepto de «capacidad vital» es difícil de definir. Gandevia y Hugh-Jones<sup>4</sup>, en un informe dirigido a la *Thoracic Society* referente a la terminología usada en la determinación de la capacidad vital y publicado hace 25 años, hablan de cuatro tipos di-

ferentes de capacidad vital: capacidad vital, capacidad vital espiratoria forzada, capacidad vital inspiratoria y capacidad vital inspiratoria forzada. En este mismo informe especifican dichos autores que «... el volumen máximo medido durante una inspiración (después de una espiración forzada) puede ser diferente del medido durante una espiración».

Pocos años después, sin embargo, se dijo en algunas publicaciones que en sujetos normales tanto la capacidad vital inspiratoria como la capacidad vital espiratoria e incluso la capacidad vital espiratoria forzada podían ser usadas indistintamente. En sujetos normales, todos estos tipos de capacidad vital arrojarían resultados idénticos (Boren et al<sup>5</sup>) o por lo menos semejantes (Hutchison et al<sup>6</sup>). Pero parece ser que no existe un acuerdo universal sobre estas observaciones, ya que poco después, Anderhub et al<sup>7</sup>, demostraron que incluso en sujetos normales existen diferencias entre una capacidad vital lenta y una forzada que pueden llegar a ser del 20 %.

Estas diferencias son mayores cuando se trata de enfermos con obstrucción bronquial espiratoria

Recibido el 22-2-1983 y aceptado el 24-9-1983.



(asma, bronquitis y enfisema). Thoma et al<sup>8</sup> hallaron que en un grupo de 30 pacientes, la capacidad vital forzada era solamente un 70 % de la capacidad vital lenta. Más recientemente Bubis et al<sup>9</sup> han descrito también la existencia de diferencias entre ambos tipos de capacidad vital.

La literatura médica actual muestra que la capacidad vital forzada es ampliamente usada. Posiblemente su empleo aumentará en el futuro ya que tanto esta capacidad vital como el volumen espiratorio forzado en un segundo pueden obtenerse de la misma espiración forzada. Los llamados espirómetros electrónicos facilitan enormemente estas dos medidas. Estos aparatos hacen posible la lectura directa, e incluso el registro, de estos dos parámetros. Ello se consigue mediante la integración electrónica de los flujos espiratorios. Este tipo de espirómetros simplifica enormemente el trabajo de los laborantes de función pulmonar, haciendo innecesario cálculos de cualquier tipo, sobre todo cuando se exploran un gran número de sujetos (Cox et al<sup>10</sup>, Fitzgerald et al<sup>11</sup>, Shanks y Morris<sup>12</sup> y Black et al<sup>13</sup>).

Puesto que el cociente entre el volumen espiratorio en un segundo y la capacidad vital constituye desde la publicación de Tiffeneau antes mencionada, el índice más sencillo, y posiblemente uno de los mejores, para determinar la presencia y grado de una obstrucción bronquial espiratoria decidimos investigar las posibles diferencias y errores introducidos en dicho cociente empleando la capacidad vital forzada y la capacidad inspiratoria lenta.

## Material y métodos

La espirometría se realizó en un espirómetro con cierre de agua (Lode Instrumenten N.V. Groningen, Holanda). El paciente realizó tres veces una capacidad vital inspiratoria lenta (VC). Para ello, tras realizar una espiración lenta hasta alcanzar el volumen residual, inspiraba lentamente hasta alcanzar la posición de la capacidad pulmonar total. Después de cada una de estas maniobras el paciente respiraba espontáneamente durante cinco o seis respiraciones. Estas maniobras eran seguidas por la medida, también en triplicado, del volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV<sub>1</sub>). Para ello el paciente inspiraba lentamente hasta alcanzar la posición de la capacidad pulmonar total a partir de la capacidad residual funcional, realizando a continuación una espiración forzada. Durante esta última maniobra el paciente era animado a proseguir la espiración hasta alcanzar el volumen residual, es decir realizaba una capacidad vital forzada (FVC). Durante esta operación no se controló el tiempo necesario para realizar la espiración forzada ya que como es sabido la duración de esta maniobra depende en gran parte del grado de obstrucción espiratoria. La espiración se prolongaba hasta que según el técnico el paciente había alcanzado el volumen residual. La figura 1 es un trazado espirométrico típico de un paciente, que más adelante es discutido detalladamente.

Los valores normales del cociente FEV<sub>1</sub>/VC utilizados en nuestro servicio (Tammeling<sup>14</sup>) se emplearon también para el cociente FEV<sub>1</sub>/FVC ya que según las publicaciones mencionadas arriba, FVC y VC se suponen que son idénticas o por lo menos semejantes.

No se llevó a cabo en ninguna selección de los enfermos. Este estudio espirométrico se realizó en un grupo de 114 pacientes que fueron vistos en la policlínica del Servicio de Enfermedades Pulmonares de la Clínica de Medicina Interna. Los pacientes

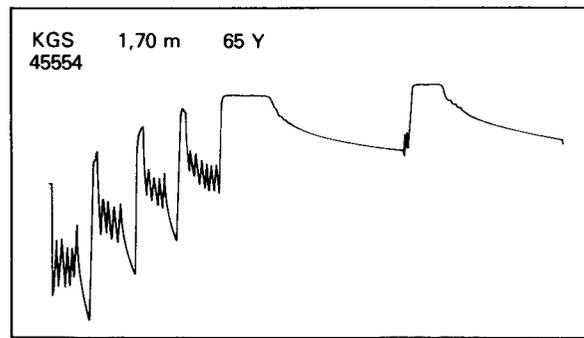


Fig. 1. Espiograma del paciente 6 de las figuras 3 y 4. Existe una clara obstrucción bronquial. Capacidad vital expiratoria lenta: 2,2 l (estándar 4,0 l), FEV<sub>1</sub>: 0,6 l (estándar 2,5 l), FEV<sub>1</sub>/VC: 26 % (estándar 63 %). Obsérvese además que este paciente presenta el llamado «Asma inducida por el espirómetro» (la VC disminuye tras realizar la maniobra de la VC (Gimeno et al<sup>18</sup>).

acudían para un control rutinario de su enfermedad o por primera vez. El mismo día de su visita a la citada policlínica, fueron enviados al Servicio de Fisipatología Respiratoria para simple espirometría. Puesto que no hubo selección de ninguna clase, es de suponer que en este estudio fueron incluidos pacientes con enfermedades obstructivas y restrictivas, así como pacientes con espirometría normal.

## Resultados y discusión

En la figura 2, ambas capacidades vitales, VC y FVC, se han llevado a un eje de coordenadas. Se vio que las diferencias encontradas entre ellas son mayores que el 10 - 20 % descritas por Anderhub et al<sup>7</sup> en normales. Y que además las diferencias aumentaban a medida que la VC disminuía. En un enfermo, la diferencia llega a sobrepasar los dos litros, mayor todavía que la diferencia encontrada por Thoma et al<sup>8</sup>.

Es difícil señalar la causa de estas diferencias entre ambos tipos de capacidad vital. Bubis et al<sup>9</sup> hablan de diferencias que son independientes del tiempo, pero no hablan del posible mecanismo de acción. Nosotros creemos que incluso en una prueba tan sencilla como es una espiración forzada deben existir diversos factores que juegan un papel importante. Posiblemente el llamado colapso dinámico de las vías respiratorias durante la espiración forzada juega un papel muy importante en pacientes con obstrucción bronquial espiratoria.

Thoma et al<sup>8</sup> compararon los cocientes FEV<sub>1</sub>/VC y FEV<sub>1</sub>/FVC en un grupo de 30 enfermos y llegaron a la conclusión de que el segundo cociente era como término medio un 40 % mayor que el primero.

En nuestra investigación hemos analizado con más detalle las diferencias originadas por ambos tipos de capacidad vital sobre dicho cociente. Para ello calculamos el valor de los cocientes FEV<sub>1</sub>/VC y FEV<sub>1</sub>/FVC en estos 114 pacientes. Con el fin de eliminar o por lo menos reducir al máximo, la influencia de la edad y el sexo sobre los resultados,



estos cocientes fueron expresados como la diferencia entre ellos y los valores estándar calculados según Tammeling<sup>14</sup>. Los valores resultantes se llevaron a un eje de coordenadas según muestra la figura 2. En esta figura se puede apreciar que —de acuerdo con lo que podría esperarse— el cociente  $FEV_1/FVC$  es generalmente mayor que el cociente  $FEV_1/VC$  ya que casi todos los puntos calculados se encuentran por debajo de la línea de identidad.

Pero todavía más interesante es el hecho de que en esta figura se pueden identificar tres tipos de pacientes. En un primer grupo (ambos cocientes son mayores que el valor estándar) el espirómetro no detectó la presencia de obstrucción bronquial espiratoria, bien se empleara la VC o la FVC.

En un segundo grupo de pacientes sí que existía una obstrucción bronquial espiratoria (ambos cocientes son menores que los valores estándar). En este grupo, prácticamente todos los valores se encuentran por debajo de la línea de identidad y solamente cinco de los 43 casos se encuentran en dicha línea.

Un tercer grupo, muy interesante, se ha representado en la figura 3 como círculos con pequeñas cifras y comprende 18 pacientes de los 114 investigados, lo que representa un 15,8 % del total. Este grupo de enfermos presenta una clara obstrucción bronquial espiratoria cuando se calcula el cociente  $FEV_1/VC$  (este cociente es menor que el valor estándar) pero no presenta obstrucción alguna cuando se emplea el cociente  $FEV_1/FVC$  (este cociente es mayor que el estándar). Vale la pena señalar que si de antemano se hubiera realizado una selección de enfermos y sólo se hubieran admitido en este estudio a aquellos que tuvieran un cociente  $FEV_1/VC$  menor que el estándar, estos 18 pacientes hubieran representado el 29,5 % de aquellos con obstruc-

ción bronquial espiratoria, de acuerdo con el cociente  $FEV_1/VC$ . ¡Casi un tercio del total! Estas cifras demuestran las grandes diferencias existentes entre la FVC y la VC, sobre todo cuando la espirometría se realiza en pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.

Los datos aportados por la espirometría en este grupo de 18 pacientes han sido analizados de acuerdo con el método descrito por Leiner et al<sup>15</sup>, quienes llevan a un eje de coordenadas el cociente  $FEV_1/FVC$  así como el cociente  $FVC$  medida/ $FVC$  estándar. De acuerdo con estos autores los pacientes caerán en uno de los cuadrantes: normal, obstructivo, restrictivo y obstructivo + restrictivo.

Para eliminar, o por lo menos reducir al máximo posibles errores, el diagrama de Leiner ha sido modificado de dos maneras. En primer lugar, se ha disminuido el valor normal del cociente  $FVC$  medida/ $FVC$  estándar hasta el 80 % en vez del 90 % descrito por Leiner. De esta forma hemos intentado disminuir el error debido al hecho de que en general la FVC siempre es menor que la VC (Anderhub et al<sup>7</sup>). En segundo lugar para eliminar la influencia de la edad y sexo sobre las determinaciones, el cociente  $FEV_1/VC$  estándar ha sido restado del cociente del cociente  $FEV_1/FVC$  medido, tal como se hizo en la figura 3.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos al llevar estos 18 pacientes al diagrama de Leiner. Seis pacientes son considerados normales y el resto como restrictivos, mientras que de acuerdo con el cociente  $FEV_1/VC$  —véase la figura 3—, estos enfermos presentan una clara obstrucción bronquial espiratoria.

Para dar una idea del tipo de pacientes de que se trata, el espirograma del paciente número 6, que en el diagrama de Lainer se clasifica como restrictivo se ha reproducido en la figura 1. Es un espirograma típico de un enfermo con obstrucción bronquial expiratoria muy acentuada, con las oscilaciones típicas del llamado cierre valvular bronquial (*check valve*).

Siguiendo el análisis de estos resultados y para ver si ellos podían ser debidos al error introducido por la FVC, el diagrama de Leiner fue modificado sustituyendo la FVC por la VC. Los resultados son completamente distintos, ya que ahora todos los 18 pacientes caen en los cuadrantes obstructivo u obstructivo + restrictivo como puede apreciarse en la figura 5. Incluso el enfermo número 6 de las figuras anteriores.

Es muy difícil, y posiblemente incluso imposible, predecir el error introducido por la FVC en la determinación espirométrica de la obstrucción bronquial, particularmente cuando exista el llamado colapso dinámico de las vías respiratorias.

Ultimamente Morris et al<sup>16,17</sup> han publicado valores normales para el cociente  $FEV_1/FVC$ . Estos valores difieren bastante de los empleados para el cociente  $FEV_1/VC$ . Y entre otros, de los emplea-

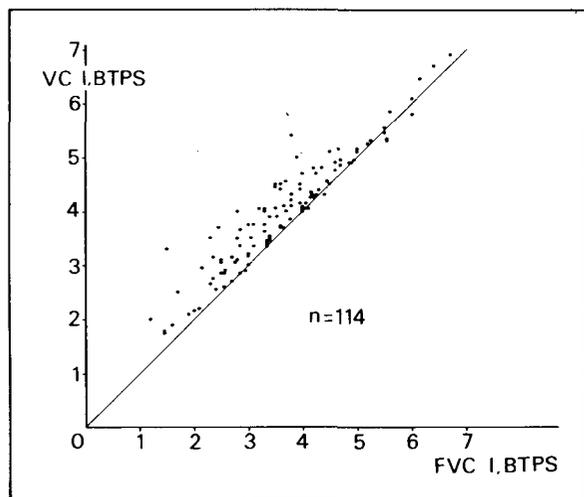


Fig. 2. Comparación entre la capacidad vital inspiratoria lenta (VC en litros BTPS) y la capacidad vital forzada (FVC igualmente expresada en litros BTPS) en un grupo aseptico de 114 pacientes con diversas enfermedades pulmonares.

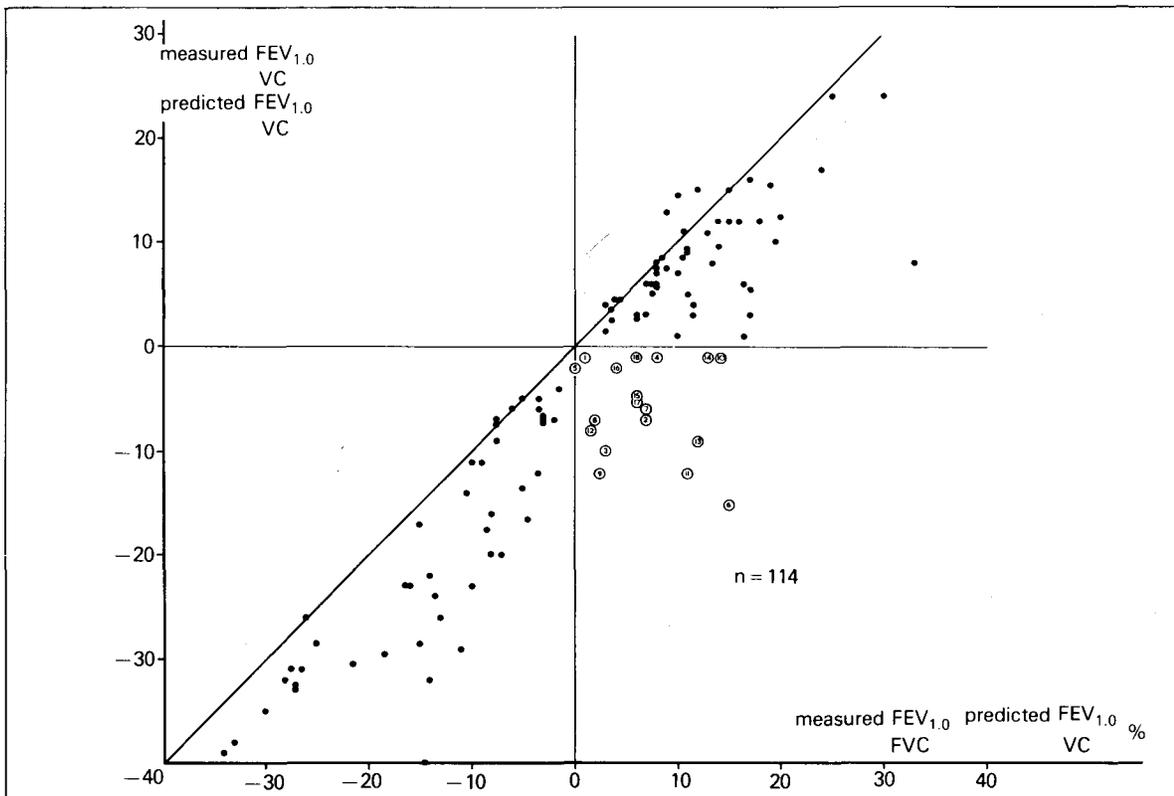


Fig. 3. En 18 de los 114 pacientes (representados con círculos con una pequeña cifra) existe una obstrucción bronquial espiratoria a juzgar por el cociente  $FEV_1/VC$ , pero no de acuerdo con el cociente  $FEV_1/FVC$ .

dos en nuestro servicio desde 1961 (Tammeling<sup>1</sup>). Estos valores y los de Morris difieren en algunos puntos:

a) Los valores del cociente  $FEV_1/FVC$  dados por Morris son mayores que de los descritos por Tammeling, quien emplea la VC. Para varones por con edades comprendidas entre 20 y 29 años, este cociente es 80 % según Morris, mientras que según Tammeling varía entre el 77 % a los 20 años y el 73 % a los 30 años. Para edades comprendidas entre 50 y 59 años, Morris da un valor normal del 72 % mientras que según Tammeling este valor decrece entre ambas edades desde un 65 a un 62 %.

b) La disminución del cociente  $FEV_1/FVC$  entre los 20 y 50 años varía entre un 5 % para mujeres y un 8 % para hombres de acuerdo con Morris mientras que el cociente  $FEV_1/VC$  disminuye más rápidamente, alrededor de un 15 % de acuerdo con los datos de Tammeling.

No debe olvidarse que el diagrama de Leiner fue publicado 8 y 10 años antes que los artículos de Morris con los valores normales para la FVC. Ello demuestra la poca atención que se ha prestado en la literatura médica a los errores que pueden ser introducidos por la FVC. Si ambos tipos de capacidades vitales se emplean indistintamente en la exploración funcional de enfermos con obstrucción espiratoria bronquial, la comparación de los

datos espirográficos, incluso de un mismo paciente, es imposible. Con el fin de analizar estos errores, nuestro estudio se amplió con un grupo de 20 pacientes, escogidos entre aquellos enviados a nuestro Servicio para espirometría de rutina. La elección se realizó según el criterio del técnico que realizaba la espirometría, si en su opinión existía una marcada diferencia entre ambos tipos de capacidades vitales. Los resultados se encuentran en la tabla I. Esta tabla muestra de nuevo las diferencias existentes entre ellas los cocientes  $FEV_1/VC$  según se emplee la FVC o la VC. Como es de esperar el valor del cociente  $FEV_1/VC$  medido, expresado como porcentaje del valor estándar de acuerdo con Tammeling es siempre menor que el del cociente  $FEV_1/FVC$  expresado igualmente como porcentaje del valor estándar según Morris. En el primer caso la media de los 20 pacientes representa un 55,5 % del valor estándar mientras que en el caso de la FVC es un 72,8 % del valor estándar de Morris. Muy interesante también es observar como en tres casos (12 % del total) —casos 3,6 y 16— existe una clara obstrucción bronquial cuando se emplea la VC para medir dicho cociente mientras que el cociente  $FEV_1/FVC$  medido cae dentro de los valores normales. E incluso en el caso 3 es mayor de lo normal.

Puede observarse también que aparte de los tres

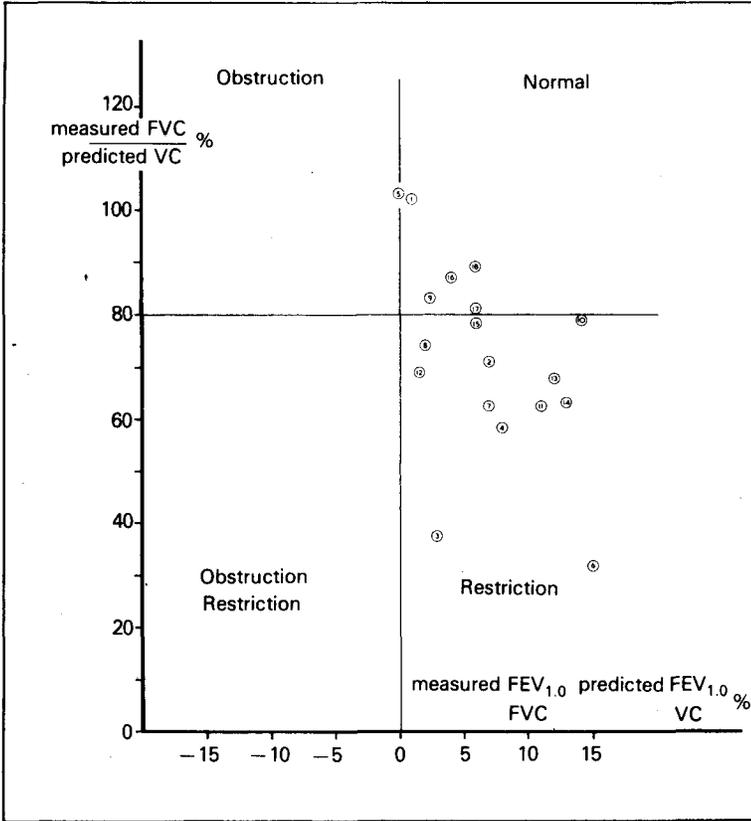
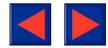


Fig. 4. Estos 18 pacientes fueron llevados al diagrama de Leiner. Todos caían en los cuadrantes «normal» o «restrictivo».

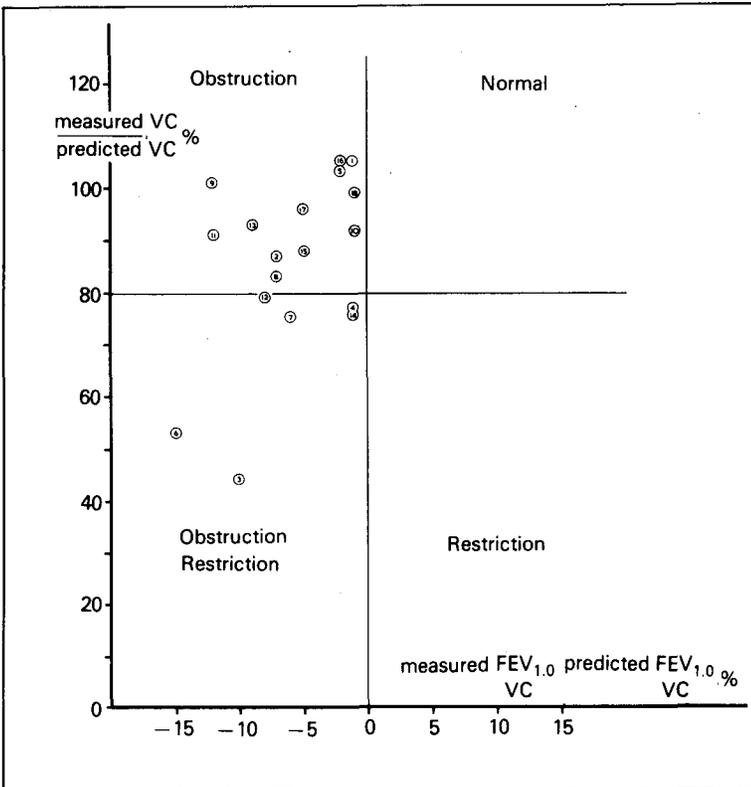


Fig. 5. El diagrama de Leiner ha sido modificado, empleando la VC en vez de la FVC (para más detalles véase el texto). Todos los 18 pacientes aparecen ahora en los recuadros «obstrutivo» u «obstrutivo + restrictivo».



TABLA I  
Valores de los cocientes

Paciente	Edad (años)	A	B
1	73	68	83
2	60	58	73
3	69	84	103
4	60	78	88
5	53	40	51
6	75	78	97
7	66	67	89
8	76	59	89
9	69	33	46
10	67	57	62
11	62	52	75
12	60	62	73
13	63	67	80
14	40	28	42
15	67	31	37
16	75	60	92
17	73	58	65
18	42	43	73
19	78	60	82
20	68	34	57
media	64,8	55,5	72,8

Valores de los cocientes: A)  $FEV_{1,0}/VC$  (medido) /  $FEV_{1,0}/VC$  (estándar), y B)  $FEV_{1,0}/FVC$  (medido) /  $FEV_{1,0}/FVC$  (estándar), en un grupo de 20 pacientes con obstrucción bronquial espiratoria. Nótese que todos los pacientes, excepto dos, eran mayores de 50 años.

casos mencionados arriba, existen igualmente diferencias apreciables en los casos 7, 8, 11, 16 y 18. La diferencia medida entre los dos cocientes en estos casos es muy grande, mayor del 20 %, llegando incluso a ser del 30 %.

Creemos que los cocientes  $FEV_1/VC$  y  $FEV_1/FVC$  son posiblemente dos índices completamente distintos de obstrucción bronquial espiratoria en enfermos de asma, bronquitis y enfisema. Y que las conclusiones que se desprenden de uno no pueden sin más ser aplicados para el otro.

## Conclusiones

a) La conclusión más importante de este estudio es que en enfermos con obstrucción bronquial espiratoria, sobre todo en aquellos en los que colapso dinámico de las vías respiratorias puede estar presente, la capacidad vital forzada y la capacidad vital inspiratoria lenta no son parámetros semejantes. En estos enfermos la capacidad vital forzada no representa el volumen pulmonar existente entre la capacidad pulmonar total y el volumen residual. Este último es mucho menor cuando el enfermo realiza una espiración lenta.

b) Debido a estas diferencias, el tipo de capacidad vital empleada debe ser exactamente definida en cada publicación, así como la maniobra respiratoria realizada para medirla.

c) El error introducido por la capacidad vital forzada en aquellas técnicas de función pulmonar que hacen uso de una espiración forzada —como por ejemplo las curvas de volumen-flujo— es desconocido. Puede ser importante, pero imposible de predecir.

## Agradecimiento

Queremos agradecer al Servicio de Enfermedades Pulmonares (Prof. Dr. H.J. Sluiter) de la Clínica de Medicina Interna (Prof. Dr. E. Mandema) la oportunidad de estudiar sus pacientes para esta investigación. Y a los laborantes de nuestro servicio la ayuda recibida.

## BIBLIOGRAFIA

1. Tiffeneau R, Bousser I, Drutel P. Capacité vitale et capacité pulmonaire utilisable à l'effort. *Paris Med* 1949; 39: 543-547.
2. Gilson IC, Hugh-Jones P. The measurement of the total lung volume and breathing capacity. *Clin Sci* 1949; 7: 185-216.
3. Scarrone LA, Levin R, Barach AL. Variations in the vital capacity measurement in patients with bronchial asthma and pulmonary emphysema. *New Engl J Med* 1955; 252: 57-59.
4. Gandevia B, Hugh-Jones P. Terminology for measurements of ventilatory capacity. A Report to the Thoracic Society. *Thorax* 1957; 12: 290-293.
5. Boren HG, Kory RC, Syner JC. The Veteran Administration Army cooperative study of pulmonary function. II. The lung volume and its subdivisions in normal men. *Am J Med* 1966; 41: 96-114.
6. Hutchison DCS, Barter CE, Mortelli NA. Errors in the measurement of vital capacity. *Thorax* 1973; 28: 584-587.
7. Anderhub HP, Keller R, Herzog H. Spirometrische Untersuchung der forcierten Vitalkapazität, Sekundenkapazität und maximalen Atemstromstärke bei 13.798 Personen. *Dtsch Med Wschr* 1974; 99: 33-38.
8. Thoma R, Keller R, Anderhub HP. Vergleich zwischen FVC (forcierte Vitalkapazität) und VC (langsame geatmete Vitalkapazität) bei Patienten mit obstruktive Erkrankungen der Atemwege. *Pneumologie* 1974; 150: 299-304.
9. Bubis MJ, Sigurdson M, McCarthy DS, Anthonisen NR. Differences between slow and fast vital capacities in patients with obstructive disease. *Chest* 1980; 77: 626-631.
10. Cox P, Miller L, Petty TL. Clinical evaluation of a new electronic spirometer. *Chest* 1973; 63: 517-519.
11. Fitzgerald MX, Smith AA, Gaensler EA. Evaluation of «electronic» spirometers. *New Engl J Med* 1973; 289: 1283-1288.
12. Shanks DE, Morris J. Clinical comparison of two electronic spirometers with a water-sealed spirometer. *Chest* 1976; 69:461-466.
13. Black KH, Petusevsky ML, Gaensler AE. A general purpose microprocessor for spirometry. *Chest* 1980; 78: 605-612.
14. Tammeling GJ. Standard values for lung volumes and ventilatory capacity of sanatorium patients. Selected papers of the Royal Netherlands Tuberculosis Association 1961; 1: 65-89.
15. Leiner GC, Abramowitz S, Smalle MJ, Stenby VC, Lewis WA. Expiratory peak flow rate. *Am Rev Respir Dis* 1963; 88: 644-651.
16. Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standard for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Respir Dis* 1971; 103: 57-67.
17. Morris JF, Temple WP, Koski A. Normal values for the ration of one-second forced expiratory volume to forced vital capacity. *Am Rev Respir Dis* 1973; 108: 1000-1003.
18. Gimeno F, Berg WChr, Sluiter HJ, Tammeling GJ. Spirometry-induced bronchial obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1972; 105: 68-74.