

Sección de Neumología. Ciudad
Sanitaria de la Seguridad Social
1.º de Octubre. Madrid.

EL FLUJO INSPIRATORIO MEDIO, COMO MEDIDA DE LA ACTIVIDAD INSPIRATORIA, EN SUJETOS NORMALES Y PATOLÓGICOS

P. Martín Escribano, J. Palomera Frade, C. Barbosa Atúcar y
J. Díaz de Auri

Introducción

Uno de los parámetros utilizables en el estudio clínico de la regulación de la respiración¹, es el flujo inspiratorio medio (\dot{V} i.m.). Según la descripción de Milic-Emili², y Remmers³, el análisis en primer lugar del volumen corriente (V_t), y de la frecuencia (f), como factores del volumen minuto respiratorio (V_{mr}), en segundo lugar de la división del tiempo de un ciclo respiratorio en sus dos componentes, tiempo inspiratorio (T_i), y tiempo espiratorio (T_e), y, por último, del uso de la relación entre el volumen corriente y el tiempo inspiratorio (V_t/T_i), o flujo inspiratorio medio, permiten abordar dos aspectos fundamentales: El flujo inspiratorio medio como expresión de la actividad inspiratoria central, y la relación T_i/T_t como expresión de las afecciones al sistema nervioso central que limitan la inspiración. Asimismo, se considera⁴ que la regulación central de la respiración, se hace fundamentalmente por el flujo inspiratorio. Además del enriquecimiento conceptual que supone el manejo de estas cifras, es posible utilizarlas en la valoración clínica del control de la respiración.

Se ha estudiado la respiración en reposo en sujetos normales y patológicos para verificar los límites de la normalidad de estos parámetros y sus posibles variaciones en la enfermedad.

Material y métodos

Se han estudiado 50 sujetos normales y 100 pacientes, agrupando a estos últimos en diferentes tipos sobre una base clínica: 50 con bronconeumopatía obstructiva crónica (BOC) de diversos grados de severidad, y sin criterios específicos de enfisema, 14 con bronquiectasias, 10 con neumonía bacteriana en tratamiento fuera de la fase febril, 8 con asma bronquial de los que 7 lo eran con asma intrínseco, en tratamiento convencional, sin crisis agudas de broncoespasmo, 10 con diferentes pleuropatías agudas y crónicas, 5 con diferentes tipos de tuberculosis pulmonar residual, y 3 casos de bronconeumopatía obstructiva tipo enfisema.

Los cálculos se han hecho sobre una respiración en reposo, en decúbito supino, en vigilia, en una habitación sin ruidos, con un sistema neumotacográfico abierto. Los sujetos normales eran en su mayoría estudiantes de medicina o personal sanitario, y a los pacientes se incluyó este test dentro de la exploración funcional pulmonar completa que generalmente se hace a su alta del hospital; ninguno tenía conocimiento concreto de que el objetivo de la prueba fuera saber cuál era el estado de su regulación respiratoria. La capacidad vital y la relación VEMS/CV, se expresan en porcentajes de los respectivos valores teóricos según las tablas de la CECA, considerándose, por tanto, como normal, el valor 100 % para ambos parámetros.

Durante 5 a 10 minutos se ha recogido la respiración hasta considerarla estable a velocidad lenta, se ha hecho entonces un trazado a velocidad más rápida, y de nuevo otro a velocidad inicial; el análisis numérico se ha hecho sobre el trazado rápido, que incluye unas 25 respiraciones, si se ha evidenciado que antes y después de él, la respiración era totalmente similar y uniforme en cuanto a volumen corriente y frecuencia. En algún caso se han tomado, simultáneamente, muestras de sangre arterial.

Se han medido sobre un período de tiempo constante, el volumen corriente, la frecuencia, y el total de los tiempos inspiratorios, y con estos datos se ha calculado el volumen minuto, el tiempo inspiratorio medio, la relación entre los tiempos inspiratorio y total, y el flujo inspiratorio medio. No se han considerado pausas espiratorias, siendo los límites de los tiempos respiratorios, el co-

mienzo y el final de la inspiración según Newson-Davis⁴. Todos los volúmenes han sido expresados en condiciones BTPS con el factor de corrección medio en nuestro laboratorio, 1.072.

En 5 sujetos normales, y en 5 con bronconeumopatía obstructiva crónica, se repitieron las determinaciones en tres días consecutivos. Se ha hecho estudio estadístico de las diferencias con el test de la t de Student independiente, y se han hecho correlaciones entre dos variables, utilizando las fórmulas habituales.

Resultados

En la tabla I se expresan las medias y desviaciones estándar de los diferentes parámetros medidos y calculados para los diferentes grupos de sujetos. Los grupos de pacientes no tienen un número homogéneo, ya que dependen de la frecuencia con que son vistos en una unidad neumológica médica de un Hospital general; el grupo más numeroso es, por tanto el de la Bronconeumopatía obstructiva crónica (BOC), sin especificar su tipo; en el grupo de asma 7 de los 8 pacientes tenían asma intrínseco, por lo que la espirometría no es la habitual de una crisis aguda de broncoespasmo; se han analizado 5 casos con tuberculosis residual cuyo comportamiento en general es similar al de los sujetos normales; los casos diagnosticados de enfisema, lo fueron en base a los datos clínicos, radiológicos y funcionales.

La edad de los sujetos normales difiere sensiblemente del resto de los grupos patológicos, siendo superior en los BOC. La capacidad vital está más descendida en el grupo de enfisema, y

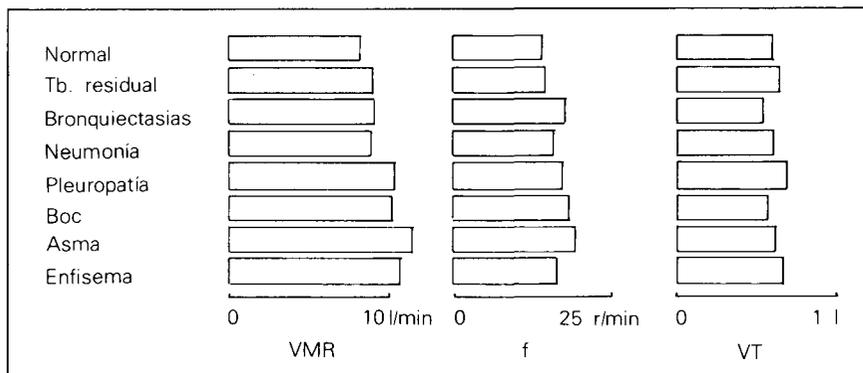


Figura 1

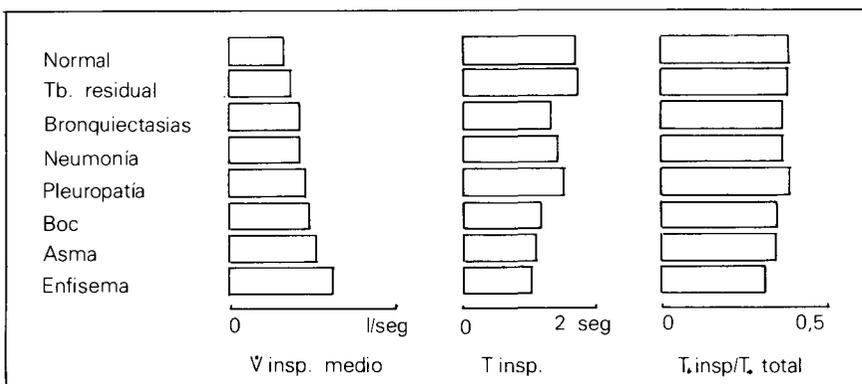


Figura 2

levemente menos en BOC y en bronquiectasias. La relación VEMS/CV está descendida únicamente en los dos grupos de BOC. El nivel de ventilación alveolar a juzgar por el PaCO₂ es normal en todos los pacientes salvo en un caso de asma intrínseco (56 mm de Hg.), y en 12 casos con BOC, en los que fue superior de 43 mm de Hg. (con tres casos con 51, 57 y 57 mm de Hg.). La media de PaCO₂ del grupo BOC está, no obstante, dentro del rango normal aunque es significativamente

diferente del resto de las medias de ese mismo parámetro.

El volumen corriente no ha demostrado diferencias significativas en ninguno de los grupos estudiados, la frecuencia varía moderadamente siendo máxima en el grupo de asma y levemente menor en BOC y en bronquiectasias, y menor aún en el grupo normal; el volumen minuto es, por tanto, significativamente mayor en el grupo de asmáticos, de pacientes con BOC y de pleuropatías. La proporción de

tiempo inspiratorio al tiempo real es muy similar en todos los grupos, de 0,31 a 0,39, aunque hay diferencias significativas entre los grupos. El flujo inspiratorio medio es significativamente inferior en el grupo normal, siendo la media superior la de los casos con enfisema; un comportamiento semejante pero en sentido contrario tiene el tiempo inspiratorio medio (Figs. 1, 2 y 3).

No se ha encontrado correlación significativa entre las características mecánicas estudiadas (capacidad vital y relación VEMS/CV), y el flujo inspiratorio medio, ni en el conjunto de los pacientes, ni separándolas en dos grupos con gasometría normal o anormal. Tampoco se ha encontrado correlación significativa entre las presiones parciales de oxígeno y carbónico de todos los pacientes, o en los grupos de casos con PaCO₂ superior a 45 mm de Hg., o PaO₂ inferior a 60 mm de Hg., aunque se ha observado una diferencia significativa en la relación Ti/Tt, entre los casos de BOC, con PaCO₂ superior e inferior a 43 mm de Hg. siendo los valores medios y desviaciones estándar respectivas, 0,323 y 0,059 para el grupo de PaCO₂ superior, y 0,356 y 0,044 para el grupo de PaCO₂ inferior, hallándose una «t» de Student de 2,076, cuya probabilidad era 0,043.

En la figura 4 se ha esquematizado el comportamiento del volumen corriente, y de los tiempos ins y espiratorios en sujetos normales y en pacientes con BOC, asma y enfisema.

En los 6 casos normales y en las 5 BOC en los que se hizo el test en tres ocasiones, se observaron pequeñas diferencias, siendo en el flujo inspiratorio medio, más altos los valores en el segundo y en el tercer día, pero las «t» de Student apareadas no mostraron significación estadística de esas dife-

Figura 3

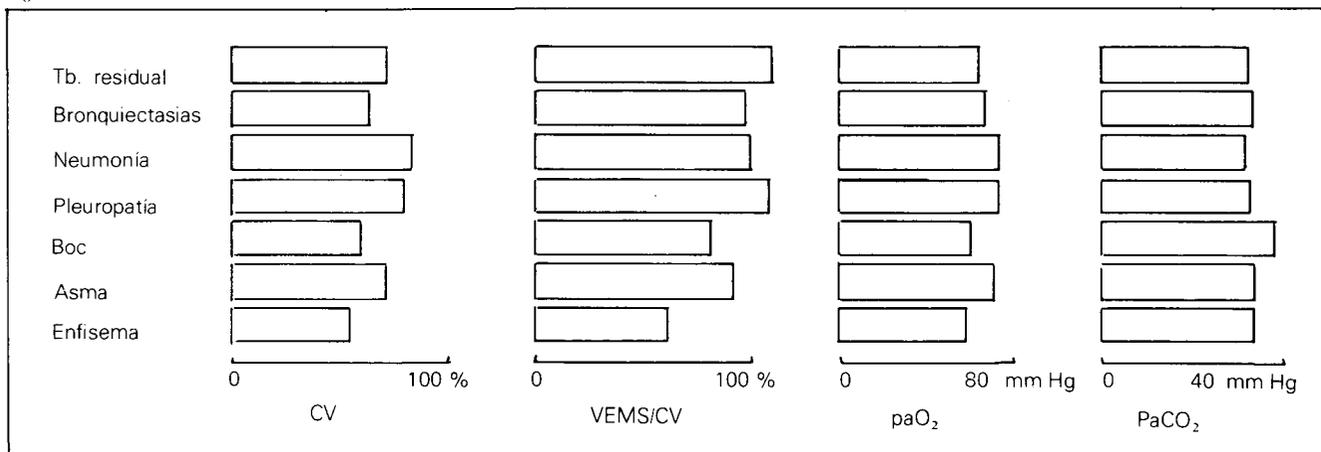




TABLA I

		NORMAL	BOC	BRONQUIECT.	NEUMONIA	PLEUROPAT.	ASMA	TB. RESID.	ENFISEMA
Número de casos		50	50	14	10	10	8	5	3
Edad, años	Media	25,16	58,36	44,71	38,9	38,1	49,63	53	52,67
	Desv. standard	7,11	11,17	18,69	20	17,91	20,23	16,28	11,59
Capacidad vital, %	Media	60,23	64,61	83,85	80,3	80,3	70,69	72,2	54,83
	Desv. standard	17,95	24,60	12,64	13,8	13,8	27,1	12,2	4,83
Vems/CV, % %	Media	80,99	97,46	99,45	108,6	108,6	91,94	110,1	61,67
	desv. standard	23,4	17,38	17,92	12,37	12,37	11,15	7,64	3,78
PaO ₂ , mm. de Hg.	Media	60,76	68,5	74,9	76,6	76,6	71,38	64,8	59,33
	Desv. standard	11,45	10,62	11,86	10,74	10,74	8,31	15,34	6,43
PaCO ₂ , mm. de Hg.	Media	39,02	34,71	33,4	34,4	34,4	35,63	34,2	35
	Desv. standard	6,78	4,91	3,2	3,89	3,89	4,53	3,96	2
Volumen corriente, l.	Media	0,61	0,58	0,55	0,61	0,7	0,63	0,65	0,67
	Desv. standard	0,16	0,14	0,13	0,09	0,28	0,16	0,13	0,17
Frecuencia, r/m	Media	14,21	18,19	17,92	15,98	17,31	19,29	14,81	16,65
	Desv. standard	4,19	4,39	5,2	5,36	6,84	3,95	5,91	2,88
Volumen minuto, l/m.	Media	8,28	10,28	9,44	9,33	10,39	11,55	9,29	10,75
	Desv. standard	2,17	2,51	1,85	2,2	3,61	1,02	3,06	0,66
T _i /T _t	Media	0,384	0,35	0,37	0,37	0,39	0,35	0,38	0,31
	Desv. standard	0,059	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03	0,04	0,01
Tiempo inspiratorio medio, seg.	Media	1,745	1,21	1,34	1,47	1,56	1,14	1,73	1,07
	Desv. standard	0,522	0,33	0,37	0,42	0,64	0,26	0,58	0,1
Flujo inspiratorio medio, l/seg.	Media	0,361	0,496	0,421	0,421	0,473	0,518	0,397	0,615
	Desv. standard	0,082	0,118	0,057	0,063	0,157	0,130	0,094	0,1

rencias en cada uno de los grupos o en el conjunto de los casos.

Discusión

El objeto del presente estudio es establecer los límites de la normalidad en sujetos sanos, para una serie de parámetros, que tomados del espirograma en reposo puedan informarnos sobre el control de la respiración, siguiendo a Milic-Emili², Clarck⁶ y Grassino⁷. Se ha hecho el test, que resultó ser repetible, a 50 sujetos sanos sin historia ni clínica de enfermedad respiratoria. En segundo lugar se han tomado una serie de enfermos, en un grupo numeroso de bronconeumopatía obstructiva crónica, y en series más cortas de otros enfermos.

El flujo inspiratorio medio puede considerarse como un buen índice, en sujetos normales, de estímulo respiratorio, a semejanza de la presión de oclusión bucal⁷, que a su vez tiene buena correlación con el electromiograma diafragmático⁸, y parece ser parcialmente dependiente de las características mecánicas del sujeto en patología⁸. Este parámetro es estable en respiración en reposo en sujetos sanos, variando con la estimulación química, o con las modificaciones del nivel de conciencia en el sueño⁴. La media de nuestros casos fue de 0,361 l/seg. con una desviación estándar de 0,082; este valor es inferior al citado por Grassino⁷ de 0,520 (desviación estándar 0,05), y al de Agostoni⁹ de 0,441 (desviación estándar de 0,076): No encontramos a esta diferencia otra explicación que la de considerar que nuestra serie es más numerosa que las suyas,

con 9 y 8 casos respectivamente. No parece haber diferencias en este parámetro en relación al sexo, o al hábito de fumar.

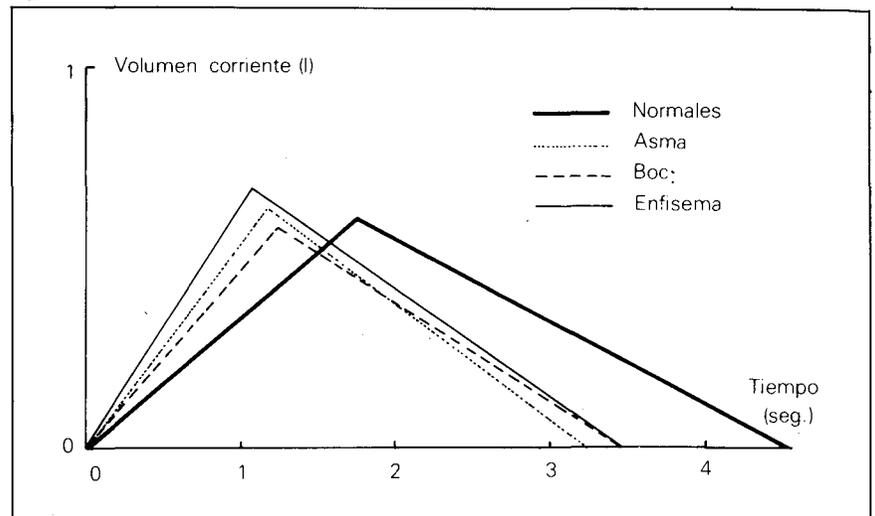
El otro parámetro es el tiempo inspiratorio medio, que indica el momento en el que las aferencias al sistema nervioso central, mecánicas o químicas, son tan importantes que cortan la inspiración⁵. El tiempo medio obtenido en nuestra serie es de 1,745 segundos, con una desviación estándar de 0,522. Este valor coincide con los tomados de Newson-Davis⁴, Clarck⁵, Grassino⁷ y Agostoni⁹.

El flujo inspiratorio medio se correlaciona bien con el volumen minuto, sin haber correlación significativa con la frecuencia, el volumen corriente, el tiempo inspiratorio, y la relación

tiempo inspiratorio a tiempo total. El hecho de que tenga buena correlación con el volumen minuto y mucho peor con sus dos componentes, frecuencia y volumen corriente, sugiere que el flujo inspiratorio medio determine la cuantía de la ventilación total y la alveolar, dependiendo la frecuencia y el volumen corriente de las características mecánicas del pulmón. Por otra parte la peor correlación es con la relación T_i/T_t, sugiriendo mecanismos de acción totalmente diferentes.

El comportamiento de estos parámetros en la tuberculosis residual leve o moderada, es similar al de los normales. El resto de los grupos patológicos tiene por el contrario diferencias notables, que son máximas en el grupo del enfisema. La recogida de datos se hizo

Figura 4



sin contar con el tratamiento medicamentoso que los pacientes recibían horas antes de la prueba, siendo estos tratamientos los convencionales en cada caso, aminofilina, simpaticomiméticos corticoides, antibióticos, etc. En la figura 2 se muestran las medias del flujo inspiratorio medio para cada grupo de enfermos: El valor máximo corresponde al enfisema, seguido del asma y de la bronconeumopatía obstructiva crónica; es de interés que el comportamiento de los casos de enfisema sea similar al del asma, siendo en realidad tan diferente el mecanismo de aumento del trabajo respiratorio: Las dos posibles explicaciones puede ser, que nuestros casos de asma lo son de asma intrínseco, donde el problema no es exclusivamente broncoespasmo, y que el flujo inspiratorio medio sea una respuesta global, inespecífica, o que se sumen otros factores no identificados, como la acción de los medicamentos. La relación T_i/T_t es diferente en el enfisema que en el resto de los grupos, siendo muy inferior y estadísticamente diferentes a todos ellos; el tiempo inspiratorio medio es también, inferior a este tipo de enfermos.

No hay relación entre los gases en sangre y el flujo inspiratorio medio, como tampoco la encuentra Grassino en su grupo de BOC⁷ aunque por otra parte, al igual que este autor, hemos encontrado una diferencia significativa

de los valores medios de relación T_i/T_t en sujeto con $PaCO_2$ superior o inferior a 43 mm de Hg.: Los hipercápnicos tienen una relación T_i/T_t menor; apuntan los citados autores que esta alteración temporal podría deberse a un exceso de estimulación mecánica, a partir de los receptores J, posiblemente alterados en la bronquitis, haciendo que la reducción de la parte inspiratoria del tiempo respiratorio total sea menor y que éste fuera un factor importante de producción de hipoventilación.

Resumen

Estudiando parámetros muy sencillos y repetibles del espirograma en reposo se puede obtener información sobre los mecanismos de regulación de la respiración. Los parámetros más diferenciados son, el flujo inspiratorio medio, y el tiempo inspiratorio medio. En el presente estudio se establecen límites de la normalidad para estos parámetros (flujo inspiratorio medio, media 0,361 l/seg., y desviación estándar 0,082, y tiempo inspiratorio, media 1,745", y desviación estándar 0,522), y se comparan con los obtenidos en diferentes grupos de enfermos: De éstos los que muestran valores más alejados de la normalidad son los enfisemas (0,615 y 1,07 respectivamente), siguiéndoles el asma intrínseco y la bronconeumopatía obstructiva crónica.

Se considera el análisis de estos parámetros sencillo, repetible y útil, en el estudio clínico de la regulación de la respiración.

Summary

AVERAGE INSPIRATORY FLOW AS A MEASURE OF INSPIRATORY ACTIVITY IN NORMAL AND PATHOLOGICAL SUBJECTS.

By studying very simple and repeatable parameters of the spirogram at rest one can obtain information on the mechanisms of regulation of respiration. The most differentiated parameters are average inspiratory flow and average inspiratory time. In the present paper the limits of normality for these parameters were established (average inspiratory flow, average 0,361 l/sec, and standard deviation 0,082, and inspiratory time, average 1,745" and standard deviation 0,522), which were compared with those obtained in different groups of patients. Of these groups of patients the group that showed values furthest from normality were those suffering from emphysema (0,615 and 1,07 respectively), followed by intrinsic asthma and chronic obstructive bronchopneumopathy. The analysis of these parameters as considered to be simple, repeatable and useful, in the clinical study of the regulation of respiration.

BIBLIOGRAFIA

1. MARTIN ESCRIBANO, P., PALOMERA FRADE, J., POZO RODRIGUEZ, F., GARCIA RULL, S. y LAZARO y DE MERCADO, P.: Valoración clínica del control de la respiración. *Arch. Bronconeumol.*, 14: 9, 1978.
2. MILIC-EMILI, J. y GRUNSTEIN, M. M.: Drive and control timing components of ventilation. *Chest*, 70 Suppl.: 131, 1978.

3. REMMERS, J. E.: Analysis of ventilatory response. *Chest*, 68: 134, 1976.
4. NEWSON-DAVIS, J., STAGG, D.: Interrelationships of the volume and time components of individual breathing in resting man. *J. Physiol.*, 245: 481, 1975.
5. REMMERS, J. E.: Inhibition of respiratory activity by intercostal efferents. *Resp. Physiol.*, 10: 358, 1970.
6. CLARCK, F. J., VON EULER, C.: On the regulation of depth and rate of breathing. *J. Physiol.*, 222: 267, 1972.

7. GRASSINO, A., SORLI, J., LORANGE, G. y MILIC-EMILI, J.: Respiratory drive and timing in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*, 73 Suppl.: 290, 1978.
8. LOPATA, M., EVANICH, M. J., ONAL, E., ZUBILLAGA, G. y LORENÇO, R. V.: Airway occlusion pressure and respiratory nerve and muscle activity in studies of respiratory control. *Chest*, 73 Suppl.: 285, 1978.
9. AGOSTONI, E., D'ANGELO, E. y PIOLINI, M.: Breathing pattern in men during inspiratory elastic loads. *Resp. Physiol.*, 34: 279, 1978.