
FACTORES QUE AFECTAN AL FACTOR DE TRANSFERENCIA PARA EL CO EN EL PULMON, CON ESPECIAL REFERENCIA A CAMBIOS EN EL VOLUMEN ALVEOLAR

N. GONZALEZ MANGADO y F. LAHOZ NAVARRO

Sección de Fisiopatología.
Servicio de Respiratorio.
Fundación Jiménez Díaz.
Madrid

Introducción

La difusión para el monóxido de carbono (test de transferencia) es una prueba considerada como útil y sensible en ciertas patologías pulmonares, pero la interpretación de sus resultados es a veces difícil, en parte por las variables que la modifican.

Desde que la difusión para el CO por el método de respiración única fue introducida por los Krongh en 1910, importantes pasos se han dado sobre el conocimiento de su fisiología, de los que destacan los estudios de Roughton y Forster en 1957 en los que se muestra que la resistencia total del sistema es igual a la suma de las resistencias parciales de membranas y hematogena colocadas en serie según la relación:

para el CO $1/T_L = 1/D_m + 1/\theta V_c$

para cualquier gas $1/T_L = 1/D_m + 1/(BQ + \theta V_c)$,

siendo D_m = factor de membrana; θ = capacidad de combinación del gas con la hemoglobina; V_c = volumen capilar pulmonar; B = ca-

pacitancia de la sangre para ese gas y Q = flujo sanguíneo pulmonar.

El problema pues se reduce a conocer aquellas variables que pueden alterar alguno de los tres parámetros (D_m , θ y V_c).

Como para el CO el factor θ depende del nivel de pO_2 , si mantenemos éste constante, las variables deberán influir solamente en el D_m , en el V_c o en ambos.

Varios autores¹⁻⁵ han mostrado cómo a diferentes volúmenes alveolares, en un mismo sujeto se encuentran distintos valores de difusión para el CO (D_{lco}) o factor de transferencia (T_{LCO}), y la relación parece ser lineal a expensas de variaciones en el factor de membrana (DM). Nuestra intención ha sido comprobar estos datos.

Material y métodos

En ocho sujetos sanos (cuatro varones y cuatro hembras) se ha realizado el test de transferencia para el CO, por el método de respiración única según la técnica de Ogilvie⁶, en posición de sentado y a diferentes volúmenes alveolares variando el volumen inspirado. En cuatro de ellos se realizó además la prueba en decúbito, tras esfuerzo y a altos niveles de oxígeno con el fin de fraccionarlo en su factor de membra-

Recibido el día 8 de enero de 1981.

N. GONZALEZ MANGADO ET AL.—FACTORES QUE AFECTAN AL FACTOR DE TRANSFERENCIA PARA EL CO EN EL PULMON, CON ESPECIAL REFERENCIA A CAMBIOS EN EL VOLUMEN ALVEOLAR

na y en su volumen capilar, asimismo se realizó en estos cuatro sujetos el método de estado estable (SS₂) basal a FRC, basal a distintos volúmenes alveolares y durante el esfuerzo. El estado estable se realizó al mismo volumen minuto para diferentes volúmenes alveolares, forzando al sujeto a respirar voluntariamente a un volumen mayor.

Se ha utilizado el analizador Morgan Transfertest Model C. Los valores normales para el factor de transferencia y la TLC han sido los publicados por Cotes. El volumen capilar pulmonar (Vc) se derivó de la fórmula:

$$V_c = \frac{B (p_1O_2 - p_2O_2)}{Hb (1/T_{L1} - 1/T_{L2})} \quad \text{siendo } B = 0,006$$

$$BT = O_2\% \cdot LCO\%/LO_2\%$$

Siendo: BT % = Back Tension en %.
 O₂ % = Concentración alveolar de O₂ en el test de difusión normal.
 LCO % = Concentración de CO en la muestra post-lavado con O₂ al 100 %.
 LO₂ % = Concentración de O₂ en la muestra post-lavado con O₂ al 100 %.

Este factor de corrección se introduce en el cálculo de la difusión de la siguiente manera:

$$DL_{CO} = \frac{160 V_a}{t} \cdot \text{Log} \left(\frac{CO \% \text{ insp.} \cdot \frac{(He \% \text{ esp.})}{(He \% \text{ insp.})} - BT}{CO \% \text{ esp.} - BT} \right)$$

La pO₂ se halló de la fórmula: pO₂ = (% O₂ en muestra exp. (pB-47) - 5)/100.

Para evitar los errores de lectura del analizador del helio a altas concentraciones de O₂, se efectuaron calibraciones a esos niveles y posteriormente se hicieron las correcciones con el mando a ese fin incluido en el analizador. Se utilizaron valores repetidos y a un mismo volumen alveolar. Se hizo la corrección en función de la retención del CO sanguíneo (back tensión). Esta se calculó según la metodología del aparato, haciendo al sujeto respirar por una válvula de doble vía conectada al Morgan y a una bolsa de Douglas suministrada de oxígeno al 100 % durante 10 minutos. Después se realizó un test normal de difusión con la salvedad de que la bolsa inspiratoria estaba llena de oxígeno al 100 %. Se analizó en la muestra alveolar el oxígeno y el CO. La fórmula empleada fue:

Resultados

En la figura 1 puede apreciarse la relación en los ocho sujetos entre el factor de transferencia y el volumen alveolar al cual se realiza la prueba, observándose una relación lineal (r = 0,94; p < 0,001). Los volúmenes capilares están referidos en la tabla I, observándose claramente la inexistencia de variaciones significativas al modificar el volumen pulmonar (r = 0,12; P = NS). La relación θ Vc/Dm ha variado entre 0,72 y 1,08 a TLC.

Al realizar la técnica en decúbito se ha encontrado un discreto aumento de los valores, inferior al 20 % del valor previo. En el estudio comparativo entre los valores por el método de respiración

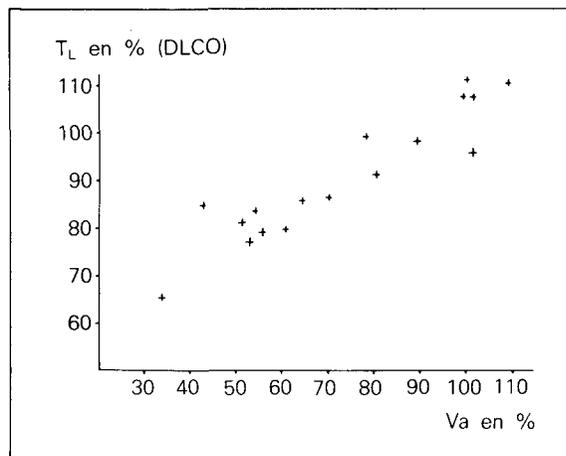


Fig. 1. Valores del factor de transferencia para el CO (T_L) en % del valor teórico en relación con los volúmenes alveolares (V_a) a los que se realiza la prueba en % del V_a máximo teórico (= TLC).

Estudio estadístico:
 r = 0,94; t = 10,67 y P < 0,001
 y = 0,53 × 51,74

única (SB) y estado estable (SS₂), se ha observado que a volumen pulmonar similar los valores se aproximan bastante. También se ha notado marcado incremento de la difusión tras el esfuerzo, superior desde luego al incremento con el decúbito. En la figura 2 se muestran estos datos para un mismo sujeto. Es curioso observar que cuando se ha intentado hacer la difusión a casi TLC por el método SS₂ y con volumen corriente pequeño (0,5 l), los valores han sido inferiores que los realizados para un volumen corriente mayor (1,5 l) y con un mismo volumen minuto. Nuestra explicación es que en el primer caso al trabajar en el límite superior de la curva de distensibilidad pul-

TABLA I
 Valores del volumen capilar (Vc) a distintos volúmenes alveolares (Va)

	Va		Vc		θ Vc/Dm
	ml	%	ml	%	
Suj. 1	4.750	(100)	59,7	(100)	1,08
	3.800	(80)	72,5	(121,44)	
	3.300	(69,47)	65,5	(109,71)	
Suj. 2	4.300	(100)	53	(100)	1
	3.725	(86,63)	44	(83)	
	3.450	(80,23)	51	(96,23)	
Suj. 3	3.200	(74,42)	48,5	(91,51)	0,72
	7.780	(100)	69,5	(100)	
	6.700	(86,12)	74	(106,47)	
Suj. 4	6.000	(77,12)	61	(87,77)	0,995
	4.200	(53,98)	70	(100,72)	
	3.250	(41,77)	61,5	(88,49)	
	6.120	(100)	69,8	(100)	
	5.200	(84,97)	68	(97,42)	
	4.500	(73,53)	73,5	(105,30)	

Estudio estadístico en función de los tantos por ciento:
 r = 0,12; t = 0,4358; P = NS

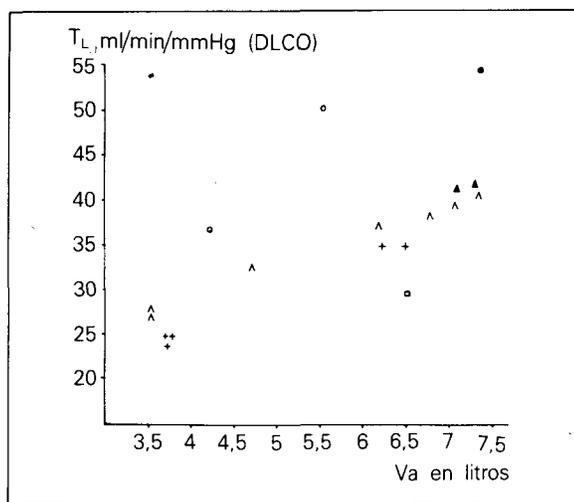


Fig. 2. Relación entre T_L y V_a en un mismo sujeto:
 + Método SS_2 en reposo y a diferentes V_a (medido en el punto medio del volumen corriente).
 V Método SB en reposo, sentado y a diferentes V_a .
 ▲ Método SB en decúbito.
 ● Método SB después de un esfuerzo de 140 w durante 3 min.
 ○ Método SS_2 en esfuerzo.
 □ Método SS_2 a casi TLC y bajo volumen corriente (0,5 l).

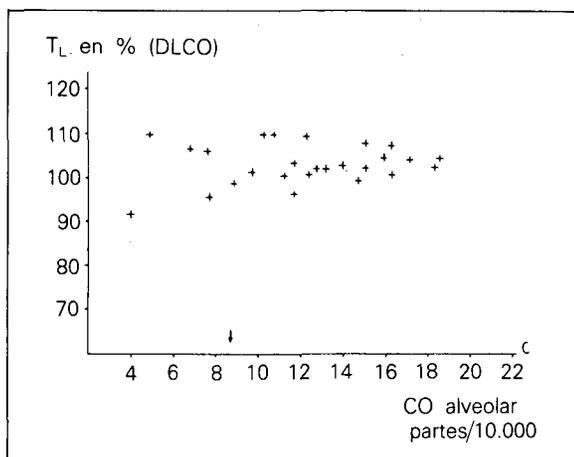


Fig. 3. Valores de T_L en % del teórico, medidos en tres sujetos a distintos niveles de CO alveolar.
 Estudio estadístico:
 $r = 0,11$; $P = NS$.

monar el intercambio sólo ha ocurrido en una parte del pulmón, al no recibir prácticamente ventilación las partes superiores.

Por último se valoró si las diferencias medidas en la difusión por el método SB podrían ser achacadas a una menor concentración de CO alveolar como consecuencia de un menor volumen inspirado. La figura 3 nos muestra los valores cuando se utilizan valores alveolares próximos al 100 % y distintas concentraciones de CO inspirado, observándose la no existencia de diferencias significativas ($r = 0,11$; $P = NS$), incluso bastante por debajo del valor mínimo registrado en las pruebas a distinto volumen alveolar (ver flecha).

Discusión

Parece existir una disminución del factor de transferencia para el CO al disminuir el volumen alveolar al cual se realiza la prueba para un mismo sujeto. Esta variación se hace a expensas del factor de membrana, como han mostrado también otros autores ^{1-5,7}, ya que al no variar significativamente el volumen capilar con las variaciones del volumen alveolar, la disminución del factor de transferencia al descender el V_a , sólo puede deberse al D_m si mantenemos la pO_2 constante. También hemos encontrado incrementos con el decúbito y el esfuerzo, pero nuestros datos discrepan de los de Gurtner ³ que encontró ambos incrementos similares, achacando el fenómeno a la distensión de los capilares hasta un punto máximo. Nuestros datos sugieren o bien la posibilidad de una distensión progresiva o el reclutamiento de nuevos capilares, a favor de lo cual estaría el hecho de encontrar incremento además de en el volumen capilar en el D_m para un mismo volumen alveolar ⁷.

Es muy probable que parte de las diferencias encontradas en sujetos normales entre los métodos SB y SS_2 se deban al diferente volumen alveolar al cual se realiza la prueba, congruente con esto son los incrementos observados en la difusión por Mostyn ⁸ tras una inspiración sostenida con el método de estado estable.

Los valores de la relación $\theta V_c/D_m$ han sido próximos a los de otros autores que varían desde 0,8 de Lipscomb ⁵ a 1,38 de Hamer ⁴.

Resumen

Se ha realizado el test de transferencia para el CO (difusión) en ocho sujetos sanos a diferentes volúmenes alveolares. En cuatro de ellos se realizó además la prueba en decúbito, tras esfuerzo y a altos niveles de oxígeno con el fin de fraccionarlo en D_m y V_c , asimismo se realizó en éstos el método de estado estable basal a FRC, basal a distintos volúmenes alveolares y durante el esfuerzo.

Se ha observado una relación lineal entre el T_L y el V_a , sin variaciones en el volumen capilar pulmonar, que no puede ser achacada a variaciones en el CO alveolar. Los incrementos con el decúbito han sido inferiores a los del esfuerzo.

Gran parte de las diferencias entre los valores de los métodos SB y SS_2 parecen ser debidas al distinto volumen alveolar al cual se realiza la prueba.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos la asistencia técnica de Isabel Pérez García y M.^a Jesús Beceda García.

Summary

FACTORS AFFECTING THE CO TRANSFER FACTORS OF THE LUNG: A SPECIAL REFERENCE TO CHANGES IN ALVEOLAR VOLUME

CO diffusion was tested in 8 apparently healthy subjects at different alveolar volumes. Four were also tested in the supine position, after exercise and at high oxygen levels, to allow for D_m and V_c fractioning; these same subjects were checked for FRC at stable basal level; basal level at different alveolar volumen and during exertion.

A lineal relationship between T_L and V_a , without variations in capillary volume and which can not be attributed to variations in alveolar CO, was observed.

Many of the differences seen between the SB and SS_2 methode seems due to the different alveolar volume at which these tests are done.

BIBLIOGRAFIA

1. Cadigan JB, Marks A, Ellicott MF, Jones RH, Gaensler EA: An analysis of factors affecting the measurement of pulmonary diffusing capacity by the single breath method. *J Clin Invest* 1961; 40:1495.
2. Gurtner GH, Fowler WS: Interrelationships of factors affecting pulmonary diffusing capacity. *J Appl Physiol* 1971; 30: 619.
3. Miller JM, Johnson RL: Effect of lung inflation on pulmonary diffusing capacity at rest and exercise. *J Clin Invest* 1966; 45: 493.
4. Hamer NAJ: Variations in the components of the diffusing capacity as the lung expands. *Clin Sci* 1963; 24: 275.
5. Lipscomb DJ, Patel K, Hughes JMB: Interpretation of increases in the transfer coefficient for carbon monoxide (TL_{CO}/V_a or K_{CO}). *Thorax* 1978; 33: 728.
6. Ogilvie CM, Forster RE, Blakemore WS, Morton JW: A standardized breath holding technique for the clinical measurement of the diffusing capacity of the lung for carbon monoxide. *J Clin Invest* 1957; 36: 1.
7. Johnson RL, Spiecer WS, Bishop JM, Forster RE: Pulmonary capillary blood volume, flow and diffusing capacity during exercise. *J Appl Physiol* 1960; 15: 893.
8. Mostyn EM, Helle S, Gee JBL, Bentivoglio LG, Bates DV: Pulmonary diffusing capacity of athletes. *J Appl Physiol* 1963; 18: 687.