

Predicción de capacidad de esfuerzo tras resección pulmonar en pacientes con limitación crónica al flujo aéreo

L. Puente-Maestu, J.M. Ruíz de Oña, J.L. Rodríguez-Hermosa, A. Santa-Cruz Siminiani, E. Tatay y J.M. Cubillo

Servicio de Neumología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

Para analizar la utilidad de una forma de estimar la captación pico de oxígeno postoperatoria basada en la función ventilatoria perdida tras resección pulmonar ($\dot{V}O_{2,pico-PPO}$) y establecer las razones fisiológicas subyacentes a la relación entre ésta y el valor medido postoperatorio ($\dot{V}O_{2,pico-PO}$), estudiamos a 29 pacientes (26 varones) de 60 años (DE, 9), con limitación crónica al flujo aéreo, $FEV_1 = 66\%$ (DE, 13), sometidos a lobectomía o mayor resección pulmonar por cáncer de pulmón. Los pacientes se dividieron en 2 grupos: aquellos cuya ergometría postoperatoria se consideró limitada por el agotamiento de la reserva ventilatoria (LV) y los demás (NLV). Una semana antes de la cirugía se evaluó la disnea y se realizaron pruebas de función ventilatoria, ergometría en tapiz rodante y gammagrafía de perfusión para estimar la función postoperatoria. Las mismas mediciones se repitieron aproximadamente 5 meses después de la cirugía, salvo la gammagrafía. La diferencia media entre $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ y $\dot{V}O_{2,pico-PO}$ fue de $-0,034$ (IC: $0,293$ a $0,348$) $l \cdot min^{-1}$ y el coeficiente de correlación intraclase de $0,76$. La correlación entre $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ y la disnea postoperatoria fue de $-0,72$. La correlación entre $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ y $\dot{V}O_{2,pico-PO}$ fue de $0,86$ (EE, $0,1$) ($0,89$ [$0,13$] para los LV [$n = 14$] y $0,85$ [$0,16$] para los NLV [$n = 15$]). Las correlaciones tras ajustar para la $\dot{V}O_{2,pico}$ preoperatoria fueron $0,73$ ($0,2$) en los LV y $0,35$ ($0,27$) en los NLV. Concluimos que el $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ es un estimador válido pero sólo moderadamente preciso del $\dot{V}O_{2,pico-PO}$. Únicamente en los pacientes con LV existe una verdadera relación entre la reducción del $\dot{V}O_{2,pico}$ y la pérdida de función ventilatoria.

Palabras clave: Prueba de esfuerzo. Resección pulmonar. Captación de oxígeno. Capacidad de esfuerzo. Disnea.

(Arch Bronconeumol 1998; 34: 473-478)

Predicting exercise capacity after lung resection in patients with chronic airflow limitation

To assess the usefulness of a method for predicting postoperative peak oxygen uptake based on lost lung function after lung resection ($\dot{V}O_{2,peak-PPO}$) and to establish the underlying physiological foundation for the relation between $\dot{V}O_{2,peak-PPO}$ and the measured postoperative value ($\dot{V}O_{2,peak-PO}$), we studied 29 patients (26 men) [age 60 (SD9)] with chronic airflow limitation [$FEV_1 = 66$ (SD13) %] undergoing lobectomy or major pulmonary resection to treat lung cancer. The patients were assigned to groups according to whether postoperative exercise tolerance was considered to be limited by exhaustion of ventilatory reserve (LV) or not (NLV). Data to estimate postoperative pulmonary function was obtained one week before surgery: patients performed pulmonary function tests and exercise tests on a treadmill; dyspnea was also evaluated and perfusion scintigraphs were obtained. Pulmonary function, exercise tolerance and dyspnea were evaluated again approximately five months after surgery. The mean difference between $\dot{V}O_{2,peak-PPO}$ and $\dot{V}O_{2,peak-PO}$ was -0.034 (CI 0.293 to -0.348) $l \cdot min^{-1}$ and the between-group correlation coefficient was 0.76 . The correlation between $\dot{V}O_{2,peak-PPO}$ and $\dot{V}O_{2,peak-PO}$ was 0.86 (SE 0.1) [0.89 (SE 0.13) for LV ($n=14$) patients and 0.85 (SE 0.16) for NLV ($n=15$) patients]. The correlations after adjusting for preoperative $\dot{V}O_{2,peak-PPO}$ were 0.73 (SE 0.2) and 0.35 (SE 0.27) for LV and NLV patients, respectively. We conclude that $\dot{V}O_{2,peak-PPO}$ provides a valid but only moderately precise estimate of $\dot{V}O_{2,peak-PO}$. Only in LV patients is there a true relation between a decrease in $\dot{V}O_{2,peak}$ and loss of lung function.

Key words: Exercise testing. Lung resection. Oxygen uptake. Exercise tolerance. Dyspnea.

Introducción

La facultad de resistir un ejercicio de cierta intensidad está determinada por la capacidad aeróbica¹ que, medida como la captación máxima de oxígeno en una

prueba de esfuerzo limitada por síntomas ($\dot{V}O_{2,pico}$), se ha demostrado que guarda una correlación alta con la disnea en las actividades de la vida diaria². La capacidad de esfuerzo se correlaciona débilmente con las pruebas de función pulmonar (PFP) y por ello la $\dot{V}O_{2,pico}$ se considera como el principal marcador fisiológico de discapacidad³.

Tres estudios⁴⁻⁶, dos de ellos del mismo laboratorio, han encontrado una elevada correlación entre las estimaciones postoperatorias basadas en gammagrafías de

Correspondencia: Dr. L. Puente-Maestu. Servicio de Neumología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Doctor Ezquerdo, 47. 28007 Madrid.

Recibido: 17-2-98; aceptado para su publicación: 8-6-98.

perfusión pulmonar ($\dot{V}O_{2\text{pico}}\text{-PPO}$) y los valores reales de captación de oxígeno medidos varios meses después de la intervención ($\dot{V}O_{2\text{pico}}\text{-PO}$). Sin embargo, en los trabajos mencionados anteriormente no están claras las bases fisiológicas subyacentes a la disminución de la capacidad aeróbica en proporción a la pérdida funcional ventilatoria, como dichos estudios sugieren.

Nuestro objetivo era establecer el valor clínico del $\dot{V}O_{2\text{pico}}\text{-PPO}$ estudiando su validez y precisión, así como su relación con la disnea postoperatoria en las actividades diarias, ya que ésta es uno de los factores principales de la percepción de su salud por parte del paciente con enfermedades respiratorias⁷. Además, queríamos averiguar la razón fisiológica al hecho de que la reducción en la capacidad de esfuerzo fuese proporcional a la pérdida de reserva ventilatoria. Nuestra hipótesis era que sólo cuando la cantidad de parénquima reseca fuese suficiente para reducir críticamente la reserva ventilatoria existiría una relación entre la pérdida de función ventilatoria y la pérdida de capacidad de esfuerzo.

Pacientes y métodos

Éste es un estudio descriptivo para analizar la correlación y concordancia de una estimación de la captación de oxígeno postoperatorio con sus valores reales.

El nuestro es un hospital universitario con un departamento de cirugía torácica que realizaba unas 90 intervenciones al año con intención terapéutica por cáncer de pulmón en el período en el que se realizó el estudio.

Los sujetos se seleccionaron consecutivamente entre febrero y septiembre de 1993 entre los pacientes referidos a nuestro centro para resección por cáncer de pulmón. Se incluyeron en el estudio si: *a*) tenían sospecha o confirmación de tumor maligno bronquial presuntamente reseca; *b*) tenían una espirometría obstructiva tras empleo de broncodilatadores ($FEV_1/FVC < 70\%$); *c*) cumplían los criterios de operabilidad de nuestro centro: FEV_1 estimado postoperatorio $> 0,81$ y presión arterial de dióxido de carbono ($PaCO_2$) < 45 Torr, y *d*) se anticipaba una resección de un lóbulo o mayor. Los criterios de exclusión fueron: *a*) incapacidad de realizar un test de esfuerzo satisfactorio como se define más abajo; *b*) tratamiento con radio o quimioterapia durante o después del estudio, y *c*) resección real menor de un lóbulo.

El protocolo fue aprobado por el comité de ética e investigación en humanos y todos los pacientes dieron su consentimiento informado.

Una semana antes y 5 meses después de la intervención (media, 146 días [DE, 8,5]) se hicieron las siguientes determinaciones:

1. Disnea en las actividades diarias (disnea clínica) usando la escala del Medical Research Council (MRC)⁸. Tras leer las frases descriptivas los pacientes seleccionaron el grado que mejor correspondía a su disnea.

2. Las pruebas funcionales respiratorias consistieron en espirometría y test de difusión de monóxido de carbono. Se realizaron usando un Masterlab (Jäeger, Würzburg, Alemania) en posición sentada y de acuerdo con las recomendaciones internacionales⁹. Los valores utilizados son los medidos a los 15 min tras 2 inhalaciones de un aerosol presurizado de salbutamol (200 μg).

3. La prueba de esfuerzo se realizó en un tapiz rodante siguiendo una modificación del protocolo de Balke¹⁰, elevando la pendiente cada 2 min. Antes de la prueba todos los sujetos realizaron un ensayo para familiarizarse con el tapiz. Las me-

diciones de las fracciones espiradas de oxígeno y anhídrido carbónico se hicieron con un sistema de mediciones metabólicas Ergoscreen II (Jäeger, Würzburg, Alemania). Este sistema mide las concentraciones de O_2 y CO_2 cada 30 s de muestras de gas espiratorio recogidas en una bolsa de mezcla. El electrocardiograma se midió de forma continua de la derivación V_5 . Consideramos como $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ al valor medido en los últimos 30 s de la mayor pendiente que el sujeto pudo aguantar al menos 1 min. Para asegurarnos de que el paciente estaba próximo a la máxima capacidad de esfuerzo, comparamos la $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ con la $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ predicha basada en edad y género¹¹. Cuando la $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ estaba reducida (inferior a la media menos dos desviaciones estándar), se buscó evidencia de que la prueba era máxima o cercana al máximo esfuerzo que el individuo pudiera realizar. Los criterios para esfuerzo máximo o casi máximo eran ventilación pico mayor del 85% de la ventilación máxima voluntaria medida en 12 s ($\dot{V}_E/MVV > 85\%$), observación de una meseta en el $\dot{V}O_2$, definida como un aumento del $\dot{V}O_2$ inferior a 50 ml min^{-1} en 1 min a pesar de un aumento de la pendiente de un 2% o más. Reserva de frecuencia cardíaca menor de 15 lat/min, o meseta del pulso de oxígeno (no aumentase en 1 min a pesar de un aumento de la pendiente en un 2% o más) indicativo de haber llegado al máximo volumen sistólico y extracción de oxígeno.

En este estudio se consideró que la prueba de esfuerzo estaba limitada por el agotamiento de la capacidad ventilatoria máxima efectiva (LV) cuando: *a*) la $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ era baja de acuerdo con las predicciones (inferior a la media menos dos desviaciones estándar); *b*) $\dot{V}_E/MVV > 85\%$, y *c*) el espacio muerto (V_D/V_T), calculado de la $PaCO_2$, era superior a 0,25 al final del ejercicio¹².

Para la estimación de la función postoperatoria se utilizó el método sugerido por Wernly et al¹³: cuando las lesiones eran periféricas y no requerían neumonectomía, las estimaciones postoperatorias se calcularon considerando 22 el número total de unidades, distribuidas de la siguiente forma (lóbulo superior derecho 4, lóbulo medio 2, lóbulo inferior derecho 6 y cada uno de los lóbulos izquierdos 5). Por tanto:

$$\text{Función postoperatoria} = \text{Función preoperatoria} \times (1 - n^\circ \text{ de segmentos a reseca}/22).$$

Para las lesiones centrales, que producían atelectasias o que requirieron neumonectomía la función postoperatoria se calculó mediante gammagrafía pulmonar de perfusión en decúbito supino, según se describe a continuación:

$$\text{Función postoperatoria} = \text{Función preoperatoria} \times (1 - \text{perfusión en el segmento a reseca}/\text{perfusión total}).$$

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como media con la desviación estándar entre paréntesis, salvo que se especifique otra cosa en el texto. Las medias se compararon usando una prueba de la *t* de Student para muestras independientes o la prueba de Mann-Whitney en el caso de la disnea, con la escala MRC al no ser esta variable un parámetro. Las frecuencias se compararon mediante los correspondientes test exactos. La asociación lineal entre mediciones y estimaciones se evaluó mediante el coeficiente de correlación lineal. Para determinar la correlación existente entre estimaciones y predicciones no debida a colinealidad se calcularon los coeficientes de correlación parcial de la siguiente forma¹⁴:

$$r_{XVZ} = (r_{XY} - r_{XZ} \cdot r_{YZ}) / [(1 - r_{XZ}^2) \cdot (1 - r_{YZ}^2)]^{1/2}$$

TABLA I
Descripción general de la muestra (n = 29)*

Variable	Valor absoluto	Porcentaje de lo predicho
Edad (años)	60 (9)	
Masa corporal (kg)	73 (11)	94,0 (16,0) %
FEV ₁ (l)	1,8 (0,4)	65,7 (12,9) %
FEV ₁ /FVC (%)	61,5 (6,5)	
TL _{co} (mmol s ⁻¹ kPa ⁻¹)	0,118 (0,035)	84,3 (26,5) %
K _{co} (mmol s ⁻¹ kPa ⁻¹ l ⁻¹)	0,023 (0,008)	87,3 (33,9) %
VO ₂ pico (l/min ⁻¹)	1,67 (0,32)	68,9 (10,8) %
FEV ₁ -PO (l)	1,56 (0,38)	57,6 (13,7) %
VO ₂ pico-PO (l/min ⁻¹)	1,37 (0,34)	56,6 (10,6) %
Neumonectomías	10	

*Características medias de la muestra. Los valores se expresan como media y la desviación estándar entre paréntesis. PO = postoperatorias.

donde $r_{xy/z}$ es el coeficiente de correlación parcial entre estimaciones (x) y mediciones postoperatorias (y) cuando la variable medida preoperatoria (z) está en el modelo.

La concordancia de las estimaciones con las mediciones postoperatorias se analizó mediante el análisis de Bland y Altman¹⁵ y los coeficientes de correlación intraclase (CCI) de VO₂pico-PPO con VO₂pico-PO, usando este último como valor verdadero.

La correlación entre VO₂pico-PPO o VO₂pico-PO y disnea se cuantificó con el coeficiente de Spearman (r_s) por ser la disnea una variable categórica ordinal.

Se decidió que dos estadísticos de la misma naturaleza eran diferentes cuando el error de tipo I asociado a la hipótesis nula de la comparación bilateral era inferior a 0,05. Los cálculos se hicieron en un ordenador personal usando un programa estadístico comercial¹⁶.

TABLA II
Diferencias funcionales entre los grupos LV y NLV*

N.º	Edad (años)	FEV ₁ (l)	FEV ₁ /FVC (%)	VO ₂ pico (l/min ⁻¹)	V _E /MVV (%)	FC (%)	TRG	VO ₂ pico (PPO) (l/min ⁻¹)	Dis (PO)	VO ₂ pico (PO) (l/min ⁻¹)	V _E /MVV (PO) (%)	FC (PO) (%)
Sin limitación ventilatoria postoperatoria (n = 15)												
6	66	1,7 (63)	57,2	1,95 (80)	89	103	0,24	1,49	0	1,61 (58)	61	86
8	76	1,3 (66)	69,1	1,23 (87)	59	83	0,15	1,05	1	0,96 (94)	66	87
9	70	1,6 (87)	61,1	1,16 (96)	56	84	0,07	1,08	0	1,05 (92)	44	98
12	60	2,2 (77)	59,4	1,72 (79)	58	86	0,27	1,25	1	1,24 (51)	50	89
17	59	1,9 (76)	69,5	1,64 (82)	52	88	0,23	1,36	1	1,24 (67)	52	85
18	65	1,8 (70)	67,6	1,80 (88)	80	91	0,22	1,40	0	1,68 (66)	70	86
19	62	1,7 (78)	68,6	1,49 (83)	52	85	0,14	1,28	2	1,24 (69)	68	86
22	60	2,1 (71)	57,5	2,04 (97)	74	104	0,13	1,77	0	2,08 (99)	98	71
24	66	2,3 (84)	61,8	1,81 (91)	65	88	0,08	1,66	0	1,36 (74)	62	86
25	62	2,0 (69)	63,6	2,13 (97)	72	86	0,15	2,02	0	1,90 (86)	84	100
27	34	3,0 (80)	59,8	2,14 (99)	37	100	0,22	1,67	0	2,03 (89)	52	85
28	64	1,7 (69)	63,3	2,06 (96)	100	76	0,13	1,78	0	1,69 (78)	106	73
2 (n)	62	1,5 (55)	63,5	0,95 (48)	86	81	0,30	0,67	3	0,89 (45)	68	87
26 (n)	48	2,2 (78)	68,7	1,93 (98)	64	93	0,30	1,36	0	1,53 (78)	74	92
29 (n)	73	1,7 (72)	63,8	1,73 (78)	76	86	0,19	1,40	2	1,20 (56)	57	95
Media	62	1,8 (73)	63,7	1,72 (87)	68	89	0,19	1,42		1,45 (73)	68	87
DE	10,1	0,5 (8,6)	4,1	0,37 (13)	16,6	8,0	0,07	0,34		0,38 (16,5)	17	8
Con limitación ventilatoria postoperatoria (n = 14)												
7	55	1,2 (42)	49,4	1,13 (54)	88	71	0,21	0,89	0	0,94 (45)	109	81
11	61	1,9 (65)	70,4	2,20 (80)	96	96	0,01	2,18	0	1,75 (63)	86	83
14	60	1,4 (52)	61,8	1,51 (71)	75	91	0,15	1,28	2	1,19 (56)	85	73
15	62	1,8 (64)	63,1	1,65 (79)	79	90	0,35	1,06	2	1,21 (58)	87	77
20	57	1,3 (47)	47,0	1,82 (73)	97	107	0,01	1,80	0	1,72 (69)	106	80
21	69	1,8 (81)	55,6	1,48 (74)	56	80	0,21	1,17	2	1,42 (71)	91	88
23	66	1,8 (74)	54,7	1,64 (83)	43	84	0,07	1,52	0	1,31 (66)	89	101
1 (n)	52	1,9 (61)	52,0	1,26 (57)	48	85	0,44	0,71	3	0,88 (40)	90	72
3 (n)	60	1,9 (58)	44,4	1,54 (73)	82	92	0,30	1,08	2	1,05 (50)	86	84
4 (n)	66	1,5 (52)	56,7	1,63 (62)	88	96	0,31	1,13	1	1,38 (53)	87	81
5 (n)	60	1,5 (51)	63,0	1,66 (84)	106	96	0,33	1,11	2	1,11 (56)	86	85
10 (n)	38	1,3 (36)	62,8	1,29 (58)	104	103	0,17	1,07	2	0,94 (43)	88	98
13 (n)	54	1,9 (64)	61,0	1,86 (96)	82	82	0,46	1,01	2	1,04 (53)	89	71
16 (n)	52	1,7 (58)	70,0	1,77 (72)	79	87	0,18	1,45	0	1,51 (62)	86	87
Media	58	1,6 (58)	58,0	1,60 (73)	80	90	0,23	1,25		1,25 (56)	90	83
DE	7,8	0,3 (12,0)	8,0	0,27 (11,6)	19,5	9,5	0,14	0,38		0,28 (9,6)	7	9
p	0,268	0,051 (0,05)	0,05	0,347 (0,05)	0,08	0,71	0,331	0,219	0,14	0,119 (0,05)	0,05	0,192

*Se describen para cada sujeto los valores de algunas variables de interés para el estudio. En la sección superior se describen los pacientes sin limitación ventilatoria postoperatoria y en la inferior el resto. Los pacientes 8, 9 y 19 eran mujeres. Los pacientes 1, 2, 3, 4, 13 y 29 sufrieron neumonectomía derecha. Los pacientes 5, 10, 16 y 26 sufrieron neumonectomía izquierda.

N.º: número de incorporación al estudio; (n): neumonectomizados; DE: desviación estándar; PO: postoperatorio; PPO: predicho postoperatorio; V_E/MVV: ventilación pico de la prueba de esfuerzo como porcentaje de la máxima ventilación voluntaria en 12 s; FC: frecuencia cardíaca pico como porcentaje de la máxima prevista; TRG: tamaño estimado de la resección según el procedimiento descrito en material y métodos; Dis: disnea clínica valorada mediante la escala del MRC; p: magnitud del error tipo I comparando por ambos extremos con una prueba de la t de Student.

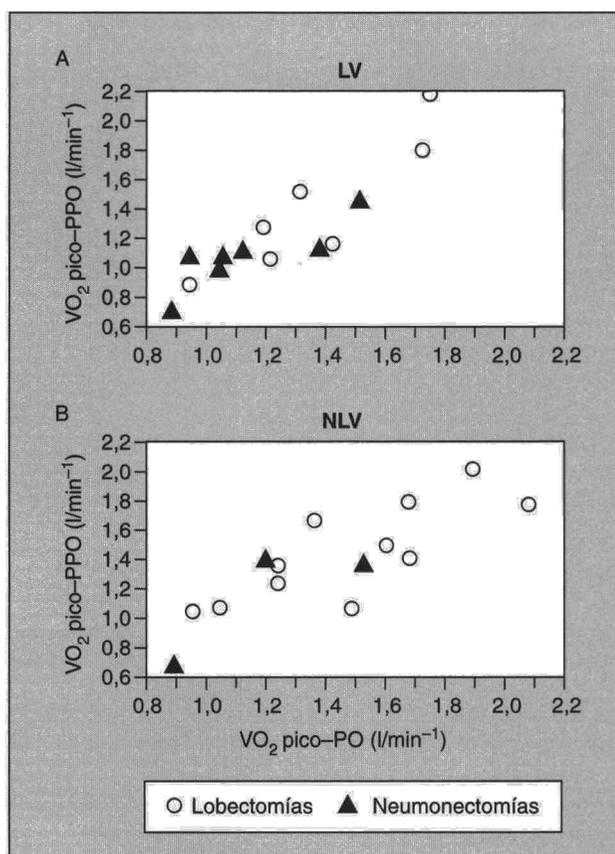


Fig. 1. Diagrama de los puntos $\dot{V}O_{2,pico-PO}$, $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ para los pacientes en los que se consideró que tenían limitación ventilatoria postoperatoria (LV, panel A) y los que se consideró que no tenían limitación ventilatoria (NLV, panel B). Se puede ver que existe una clara tendencia lineal positiva entre ambas variables.

Resultados

Cinco de los 34 pacientes estudiados en el preoperatorio fueron excluidos, bien porque fallecieron antes de la segunda evaluación (2 casos) o rechazaron realizarse la segunda prueba (3 casos), quedando 29 evaluables. De media, los pacientes tenían una moderada disminución del FEV₁ (66% [DE, 13]) y una ligera disminución de la $\dot{V}O_{2,pico}$ (tabla I).

Por grupos (tabla II), los pacientes del grupo LV eran más obstructivos, tenían un $\dot{V}O_{2,pico}$ como porcentaje de los valores teóricos menor y la proporción de neumonectomías era más alta en el grupo LV (7/14) que en el NLV (3/15; $p = 0,012$). Todos los pacientes del grupo LV (14/4) indicaron que la disnea era la causa fundamental por la que terminaron la ergometría postoperatoria, mientras que sólo el 40% (6/15) del grupo NLV señalaron este síntoma como causa de finalización.

En primer lugar analizamos la correlación lineal entre $\dot{V}O_{2,pico-PO}$ y $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ (fig. 1, tabla III). En la figura 1 se observa una clara tendencia lineal positiva de los puntos ($\dot{V}O_{2,pico-PO}$, $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$). Las correlaciones encontradas fueron excelentes (tabla III), sin embargo las correlaciones parciales entre $\dot{V}O_{2,pico-PO}$ y $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ cuando $\dot{V}O_{2,pico}$ estaba también en un

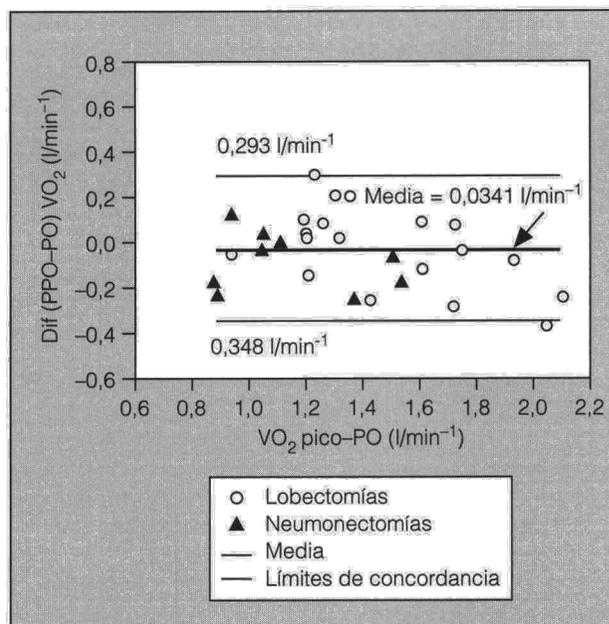


Fig. 2. Diferencia entre las estimaciones y las mediciones de $\dot{V}O_{2,pico-PO}$ (Dif[PPO-PO] $\dot{V}O_{2,pico}$) en función de esta última (diagrama de Bland y Altman). Podemos ver que las diferencias entre ambas está próxima a 0, indicativa de ausencia de sesgo sistemático.

modelo lineal (ajustadas) fueron menores, especialmente en el grupo NLV (tabla III). El mismo fenómeno aconteció con el FEV₁; para el conjunto de sujetos la correlación entre predicciones postoperatorias y mediciones fue de 0,92 (EE, 0,07); sin embargo, cuando el $\dot{V}O_{2,pico}$ preoperatorio estaba en un modelo lineal, la correlación cayó a 0,54 (EE, 0,16).

En segundo lugar analizamos la concordancia (fig. 2). La diferencia media entre $\dot{V}O_{2,pico-PPO}$ y $\dot{V}O_{2,pico-PO}$ fue de $-0,034$ l/min, muy próxima y no estadísticamente diferente de 0, y la DE de dicha diferencia $0,171$ l/min con un intervalo de confianza del 95% desde $0,293$ l/min a $-0,348$ l/min. El CCI fue de 0,76. Por grupos, para el LV la diferencia media era de $-0,033$ (DE, 0,137) l/min, el intervalo de confianza al 95% de $0,242$ l/min a $-0,342$ l/min y el CCI de 0,80 y para el grupo NLV la diferencia media era $-0,035$ (DE, 0,197) l/min, el intervalo de confianza del 95%

TABLA III
Correlaciones entre las mediciones y las estimaciones postoperatorias de la $\dot{V}O_{2,pico}$

	Total	LV	NLV
Número	29	14	15
Coefficiente de correlación	0,86 (EE 0,11)*	0,89 (EE 0,13)*	0,85 (EE 0,16)*
Coefficiente de correlación parcial	0,45 (EE 0,17)*	0,73 (EE 0,18)*	0,06 (EE 0,29)

Observamos cómo las correlaciones lineales entre mediciones y estimaciones son elevadas; sin embargo, ajustando para la $\dot{V}O_{2,pico}$ (correlaciones parciales), la correlación parcial sólo se mantiene elevada en los pacientes con limitación ventilatoria postoperatoria, indicando que la colinearidad desempeña el papel principal en las altas correlaciones observadas en los NLV; EE = error estándar. * $p < 0,05$.

TABLA IV
Correlación (r_s) con la disnea postoperatoria

	Todos	LV	NLV
Número	29	14	15
$\dot{V}O_{2pico}$	-0,59	-0,38	-0,72
$\dot{V}O_{2pico-PO}$	-0,72	-0,64	-0,73
$\dot{V}O_{2pico-PPO}$	-0,72	-0,63	-0,66
Disnea preoperatoria	0,31	0,51	0,13
FEV ₁ %-PPO	-0,59	-0,51	-0,36
TRG	0,32	0,32	0,34

La disnea, en las actividades diarias, se correlaciona moderadamente con la capacidad de esfuerzo estimada postoperatoria. Nótese que mientras en los pacientes del grupo LV no hay correlación entre la disnea y el $\dot{V}O_{2pico}$ preoperatorio, en los del grupo NLV sí. PO: postoperatorio; PPO: predicho postoperatorio; TRG: tamaño estimado de resección calculado según se describe en el apartado Material y métodos.

de 0,386 l/min⁻¹ a -0,401 l/min⁻¹ y el CCI de 0,6, mediocre.

Finalmente en la tabla IV analizamos la relación entre la disnea postoperatoria y varias variables funcionales. Vemos que tanto $\dot{V}O_{2pico-PPO}$ como $\dot{V}O_{2pico-PO}$ tenían buenas correlaciones con la disnea postoperatoria.

Discusión

En este estudio de pacientes sometidos a resección pulmonar de al menos un lóbulo a consecuencia de un cáncer pulmonar y capaces de realizar una prueba de esfuerzo satisfactoria en tapiz rodante con unos criterios exigentes, encontramos una correlación y una concordancia buena entre los valores de la $\dot{V}O_{2pico}$ medidos a los 5 meses de la intervención y las estimaciones preoperatorias de los mismos (tabla III y figs. 1 y 2). También encontramos una buena correlación entre la disnea postoperatoria y $\dot{V}O_{2pico-PO}$ o $\dot{V}O_{2pico-PPO}$ (tabla IV).

La población estudiada es un grupo representativo de los pacientes sometidos a cirugía con limitación crónica al flujo aéreo preoperatoria, quizás algo seleccionado, pues se excluyeron aquellos que no realizaron pruebas de esfuerzo satisfactorias. Este requisito era, sin embargo, metodológicamente importante para poder evaluar los resultados.

Elegimos de forma arbitraria el momento de realizar la evaluación postoperatoria en coincidencia con el seguimiento postoperatorio de estos pacientes. Consideramos que la evaluación a los 3 meses era demasiado temprana para que el paciente hubiese logrado la máxima recuperación tras la intervención y por tanto estuviese funcionalmente en la mejor situación residual tras la cirugía¹⁷. Así, decidimos citarlos en la siguiente visita que resultó ser hacia el quinto mes del postoperatorio.

Corris et al⁴ encontraron una correlación significativa entre la reducción de las \dot{V}_{Epico} y $\dot{V}O_{2pico}$ tras la neumonectomía y el porcentaje de perfusión preoperatoria al pulmón reseca. Bolliger et al⁵ también encontraron buenas correlaciones entre las predicciones y las mediciones de la $\dot{V}O_{2pico}$ postoperatoria a los 3 meses de la cirugía aunque después, a los 6 meses de la intervención, las correlaciones disminuyeron por recuperación de la capacidad de esfuerzo en los pacientes a los que se les practicaron lobectomías.

Los estudios mencionados no explican cómo la disminución de $\dot{V}O_{2pico}$ depende de la pérdida de función ventilatoria. El análisis de las correlaciones ajustadas (parciales) indicó en nuestro estudio que en aquellos pacientes cuya función ventilatoria se reduce críticamente por la cirugía, de forma que llega a limitar la capacidad de esfuerzo, existe una verdadera relación entre la estimación basada en la cantidad estimada de tejido a resecar y la $\dot{V}O_{2pico-PO}$ (tabla III). Es decir, en estos pacientes la capacidad de esfuerzo realmente se redujo en proporción a la disminución de la función ventilatoria. Por el contrario, en aquellos sujetos que, o bien tenían suficiente reserva ventilatoria u otros sistemas limitaban el ejercicio antes de que se agotase la reserva ventilatoria, la relación desaparecía al ajustarla para la $\dot{V}O_{2pico}$. Es decir, en este segundo grupo no existía relación real entre la pérdida de función ventilatoria y la disminución de la capacidad de esfuerzo; la correlación se debía casi totalmente a la colinealidad¹⁸. El mismo fenómeno está presente, aunque no reconocido, con las estimaciones de FEV₁ y FVC tan comúnmente usadas: gran parte de la relación entre las estimaciones postoperatorias basadas en gammagrafías u otros métodos y las mediciones reales se deben a colinealidad¹⁸.

Nuestro objetivo principal era estudiar la validez de la $\dot{V}O_{2pico-PPO}$; para ello, analizamos la concordancia entre la estimación y el valor real. El coeficiente de correlación intraclase fue razonablemente bueno, de 0,76. El análisis de Bland y Altman (fig. 2) pone de manifiesto que la media de los valores está muy cercana a 0, indicando ausencia de sesgo sistemático, pero los límites de concordancia son bastante amplios, especialmente por la dispersión de las diferencias entre estimaciones y mediciones en las lobectomías, indicando un error aleatorio relativamente grande, es decir, una relativa falta de precisión.

Finalmente, encontramos una correlación buena entre la disnea postoperatoria y tanto $\dot{V}O_{2pico-PO}$ como $\dot{V}O_{2pico-PPO}$. Para cuantificar la disnea usamos una escala clínica⁸, porque esta clase de instrumentos proporcionan medidas objetivas del impacto de los síntomas en las actividades de la vida cotidiana¹⁹. Aunque han aparecido nuevos métodos multidimensionales para evaluar la disnea clínica^{2,7}, la escala del MRC es fácil de administrar y tenemos muchos años de experiencia con ella en nuestra práctica habitual. Además, se ha demostrado que proporciona mediciones válidas de disnea en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y una correlación similar con $\dot{V}O_{2pico}$ que otras escalas de disnea clínicas².

En conclusión, nuestros datos sugieren que la estimación de $\dot{V}O_{2pico-PO}$ a partir de la captación pico de oxígeno preoperatoria y la estimación de la cantidad de tejido a resecar basada en el número de segmentos si las lesiones eran periféricas, o en la gammagrafía de perfusión si eran centrales o requerían neumonectomía, proporciona resultados válidos y se correlaciona bien con la disnea postoperatoria, pero es relativamente imprecisa. Esta última particularidad reduce su utilidad clínica. La razón por la que una estimación basada en la pérdida de función ventilatoria es capaz de predecir la pérdida de

capacidad aeróbica tras cirugía se debe a que para algunos pacientes (LV) el parénquima perdido tiene un efecto crítico en la reserva ventilatoria que, al reducirse, limita la capacidad de esfuerzo postoperatoria, pero en el resto (NLV) la relación es sólo aparente y se debe a un artefacto matemático, la colinealidad, ya que ambas estimaciones y mediciones postoperatorias son modificaciones en el mismo sentido de la VO_{2p} preoperatoria.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Prof. Folqué y a todos los demás miembros del Servicio de Cirugía de Tórax del Hospital General Universitario Gregorio Marañón.

BIBLIOGRAFÍA

- Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol* 1981; 50: 217-221.
- Mahler DA, Rosiello RA, Harver A, Lentine T, McGovern JF, Daubenspeck JA. Comparison of clinical dyspnea ratings and psychophysical measurements of respiratory sensation in obstructive airway disease. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 1.229-1.233.
- Sue DY. Exercise testing in the evaluation of impairment and disability. *Clin Chest Med* 1994; 15: 369-387.
- Corris PA, Ellis DA, Hawkins D, Gibson GJ. Use of radionuclide scanning in the preoperative estimation of pulmonary function after pneumonectomy. *Thorax* 1987; 42: 285-291.
- Bolliger C, Wyser C, Roser H, Soler M, Perruchoud P. Lung scanning and exercise testing for the prediction of postoperative performance in lung resection candidates at increased risk. *Chest* 1995; 108: 341-348.
- Bolliger CT, Jordan P, Soler M, Stulz P, Tamm M, Wyser Ch et al. Pulmonary function and exercise capacity after lung resection. *Eur Respir J* 1996; 9: 415-421.
- Guyat GH, Berman LB, Pugsley SP, Chambers LW. A measure of quality of life for clinical trials in chronic lung disease. *Thorax* 1987; 42: 773-778.
- Medical Research Council. Questionnaire of Respiratory Symptoms. Medical Research Council, 1966.
- Standardised lung function testing. Report Working Party "Standardisation of lung function tests". Quanjer (ed.) *Eur Com Coal and Steel. Luxemburgo*, julio 1983. *Bull Eur Physiopath Resp* 1983; 19 (Supl 5): 22-27.
- Balke B, Ware R. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *US Armed Forces Med J* 1959; 10: 675-688.
- Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129 (Supl): 49-55.
- Weisman I, Zeballos RJ. An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Chest Med* 1994; 15: 421-445.
- Wernly JA, De Mester TR, Krchner PT, Myerowitz PD, Oxford DE, Golomb HM. Clinical value of quantitative ventilation-perfusion lung scan in surgical management of bronchogenic carcinoma. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; 80: 535-543.
- Kleimbaum DG, Kupper L, Muller KE. Applied regression analysis and other multivariable methods (2.^a ed.). Boston: PWS Kent, 1992.
- Bland JM, Altman DG. Comparing two methods of clinical measurement: a personal history. *Int J Epidemiol* 1995; 24 (Supl 1): 7-14.
- BMDP Statistical Software, INC. Copyright 1993. Los Angeles (California). EE.UU.
- Veneskoski T, Sivijärvi ARA, Muittari A. Effect of lung resection on regional lung function assessed by ^{131}Xe radiopneumography. *Lung* 1982; 160: 45-55.
- Archie JP. Mathematical coupling of data: a common source of error. *Ann Surg* 1981; 193: 296-303.
- Killian KJ, Mahutte CK, Campbell EJM. Magnitude scaling of externally added loads to breathing. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123: 12-15.