

Valor de la estimación de la captación de oxígeno máxima postoperatoria en la predicción de insuficiencia cardiorrespiratoria en el postoperatorio inmediato de cirugía de tórax

L. Puente Maestu, J.L. Rodríguez Hermosa, J.M. Ruiz de Oña, A. Santa-Cruz Seminiani, P. de Lucas Ramos, J. García de Pedro y E. Tatay Martí

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

Nos planteamos determinar si la captación máxima de oxígeno estimado postoperatoria ($VO_{2max}/kg-PPO$) se relaciona con la insuficiencia cardiorrespiratoria postoperatoria inmediata (60 días) tras cirugía de tórax y evaluar su validez como criterio de operabilidad. Estudiamos 47 pacientes con limitación crónica al flujo aéreo, FEV_1 estimado postoperatorio $> 0,8$ l y sin hipercapnia preoperatoria, sometidos a resección pulmonar por cáncer de pulmón. La edad fue 56 años (DE = 11), $FEV_1 = 1,8$ l (DE = 0,5), (61% [DE = 13]) y $FEV_1/FVC = 55\%$ (DE = 7,5). Diez pacientes presentaron insuficiencia respiratoria o cardíaca (tres murieron). El RV, $T_LCOsb-PPO$, VO_{2max}/kg , tamaño de resección y $VO_{2max}/kg-PPO$ mostraron correlación significativa con la aparición de complicaciones. $VO_{2max}/kg-PPO$ tenía una correlación (-0,73), significativamente mejor ($p = 0,0016$) que las pruebas funcionales (PFB) y que VO_{2max}/kg ($p = 0,049$). Los puntos de corte y valores predictivos positivos y negativos fueron, respectivamente, 12,6 ml/min/kg, 0,75 y 0,9 para $VO_{2max}/kg-PPO$; 17 ml/min/kg 0,83 y 0,87 para el VO_{2max}/kg y 148%, 0,67 y 0,82 para RV (la mejor de las pruebas funcionales). Los modelos multivariantes no incrementaron el poder discriminativo. Concluimos que, de las variables estudiadas, $VO_{2max}/kg-PPO$ presentaba una correlación significativamente mayor que las PFB y que el VO_{2max}/kg con la aparición de insuficiencia cardiorrespiratoria en los primeros 60 días postoperatorios. Como criterio para predecir dichas complicaciones, con la prevalencia observada, su valor predictivo negativo fue bueno, pero el valor predictivo positivo fue relativamente bajo. Ningún otro parámetro se comportó mejor.

Palabras clave: Prueba de esfuerzo. Complicaciones postoperatorias. Cirugía torácica.

(Arch Bronconeumol 1998; 34:127-132)

Usefulness of estimating maximum oxygen uptake after surgery for predicting cardiorespiratory insufficiency soon after chest surgery

We sought to determine if predicted post-operative maximal oxygen uptake ($VO_{2max}/kg-PPO$) was associated to the occurrence of respiratory or cardiac failure within the 60 days following lung surgery and to evaluate its validity as operability criterion. We studied 47 patients with chronic air-flow limitation (COPD) with $FEV_1 > 0.8$ l and without hypercapnia, that underwent lung surgery. Age was 56 (SD 11) years, $FEV_1 = 1.8$ (SD 0.5) l (61% predicted (SD 13%) and $FEV_1/FVC = 55$ (SD 7.5). Ten patients presented serious cardiac or respiratory complications (3 died). Significant correlation with complications was found for RV, $T_LCOsb-PPO$, VO_{2max}/kg , resection size and $VO_{2max}/kg-PPO$. $VO_{2max}/kg-PPO$ correlation (-0.73) was significantly higher ($p = 0.0016$) than all the pulmonary function test (PFT) correlation and than VO_{2max}/kg correlation ($p = 0.049$) as well. Cut-off points, positive and negative predictive values were respectively: 12.6 ml/min/kg, 0.75 and 0.90% for $VO_{2max}/kg-PPO$; 17 ml/min/kg 0.83 and 0.87 for VO_{2max}/kg and 148%, 0.67 and 0.82 for RV (the best of the pulmonary function tests). Multivariable models did not improve discriminant power. We conclude that, out of the studied variables, $VO_{2max}/kg-PPO$ showed higher correlation with the complications sought than PFT or VO_{2max}/kg . As criterion to predict cardiac or respiratory failure, with the observed prevalence, its negative predictive values is good, but its positive predictive value is relatively low. None parameter was able to predict all the complications.

Key words: Exercise test. Postoperative complications. Thoracic surgery.

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

Recibido: 10-2-97; aceptado para su publicación: 20-10-97.

Introducción

En 1955 Gaensler et al¹ mostraron que la ventilación voluntaria máxima (MVV) permitía identificar pacientes con alto riesgo de sufrir complicaciones postopera-

torias. Desde entonces se han examinado diferentes parámetros funcionales basales (PFB) con el mismo propósito y han aparecido ciertos criterios pronósticos o criterios de operabilidad². Sin embargo, a pesar del uso habitual de estas directrices en la evaluación preoperatoria de cirugía con resección pulmonar ésta continúa asociándose a un riesgo significativo³.

La prueba de esfuerzo es otro método de valoración funcional que permite estudiar los sistemas de intercambio de gases y de transporte de oxígeno en circunstancias en las que la demanda funcional está aumentada. Además, las pruebas de esfuerzo se asocian a una morbilidad y mortalidad pequeñas⁴. En la búsqueda de mejores criterios de operabilidad, se han usado durante años ciertas formas de prueba de esfuerzo en la evaluación preoperatoria de pacientes para la resección pulmonar⁵, pero sólo en la última década se han examinado con detalle los parámetros fisiológicos, en particular el consumo de oxígeno por kilogramo de masa corporal, que ha sido propuesto como criterio de operabilidad⁶.

Un reciente trabajo⁷ mostraba que una variable crítica relacionada con la morbilidad y mortalidad posquirúrgica era la relación entre consumo y demanda postoperatoria de oxígeno. Dicho trabajo sugiere que si la captación máxima de oxígeno postoperatoria está reducida por debajo de niveles críticos, es decir, los sistemas implicados no pueden atender la demanda tisular postoperatoria, el riesgo posquirúrgico aumentará. En consecuencia, parece razonable pensar que la estimación de captación máxima de oxígeno postoperatoria será un buen estimador del riesgo quirúrgico.

Los objetivos de nuestro estudio eran, por un lado, evaluar la asociación entre la estimación de la captación máxima de oxígeno postoperatoria por kilogramo de masa corporal ($VO_{2max}/kg-PPO$) y la aparición de complicaciones en el postoperatorio inmediato relacionadas con insuficiencia de los sistemas puestos a prueba en la ergometría (insuficiencia cardíaca o respiratoria). Definir un criterio de operabilidad basado en dicha variable y analizar su validez. Comparar la intensidad de la asociación de $VO_{2max}/kg-PPO$ y su validez como criterio para discriminar los pacientes que hicieran complicaciones con las PFB y la captación máxima de oxígeno medida preoperatoria por kilogramo de masa corporal (VO_{2max}/kg).

Material y métodos

Sujetos

Se incluyó prospectivamente a todos los pacientes recibidos en un hospital universitario que atiende al área sanitaria I de Madrid entre febrero de 1992 y septiembre 1993, a los que se les practicó una resección mayor que lobectomía por cáncer de pulmón y con FEV₁/FVC preoperatorio < 70%. Se consideró como criterio de exclusión no realizar una prueba de ejercicio satisfactorio (véase más adelante). El cirujano, en comunicación con el paciente y su familia, tomaba la decisión quirúrgica sin información acerca de la prueba de esfuerzo. El protocolo fue aprobado por el comité de ética del hospital y todos los pacientes incluidos dieron su consentimiento informado por escrito. El seguimiento de las complicaciones se hizo durante 60 días.

Mediciones y variables de interés

Las PFB se realizaron en sedestación, siguiendo directrices internacionales⁸, con los equipos *bodyscreen* y *transferscreen* II (Erich Jaeger GmbH&CO Leibnizstraße 7 D-8706 Hochberg, Alemania). Los gases arteriales fueron analizados con un aparato de electrodos AVL-940 (Biomedics, Basilea, Suiza). El gradiente alveoloarterial de oxígeno ($D[A-a]O_2$) se calculó restando la tensión arterial de oxígeno de la presión alveolar calculada con la ecuación del gas alveolar⁹.

Los pacientes realizaron la prueba de ejercicio en tapiz rodante, siguiendo un protocolo modificado del de Balke¹⁰. Las mediciones se realizaron con un sistema de medición intercambio de gases Ergoscreen (Erich Jaeger GmbH&CO Leibnizstraße 7 D-8706 Hochberg, Alemania), que medía cada 30 s las concentraciones de O_2 y CO_2 del gas recogido en una bolsa. El electrocardiograma (ECG) se registró continuamente mediante electrodos colocados en II derivación. Consideramos VO_{2max} como la captación de oxígeno medida en los últimos 30 s de la máxima carga que el paciente pudo aguantar durante un minuto completo. Dados los objetivos del estudio se puso un cuidado especial en asegurarse que la prueba de esfuerzo era satisfactoria. Para asegurarnos que los sujetos estaban cerca de su capacidad máxima, se comparó el consumo máximo de oxígeno limitado por síntomas (VO_{2max}) con el máximo predicho por edad, peso y sexo¹¹. Cuando el VO_{2max} era menor del 90% del predicho, los criterios para definir el esfuerzo máximo eran cualquiera de los siguientes: a) falta de aumento del VO_2 al final del ejercicio, definida como un incremento de VO_2 menor de 50 ml/min en un minuto a pesar de aumentar la pendiente un 2% o más; b) reserva de frecuencia cardíaca (FC) menor de 15 latidos por minuto (lpm); c) meseta del pulso de oxígeno (PuO_2), definida como ausencia de aumento a pesar de incrementar la pendiente en un 2% o más, indicativa de alcanzar un máximo volumen sistólico y extracción de O_2 ; y d) la ventilación minuto al final del ejercicio (MVE)/MVV mayor del 90%.

Para la estimación de la función postoperatoria se utilizó el método sugerido por Wernly et al¹²: cuando las lesiones eran periféricas y no requirieron neumonectomía, las estimaciones postoperatorias se calcularon considerando 22 el número total de unidades, distribuidas de la siguiente forma (lóbulo superior derecho cuatro, lóbulo medio dos, lóbulo inferior derecho seis y cada uno de los lóbulos izquierdos cinco). Por tanto:

Función postoperatoria = Función preoperatoria \times (1 - n.º de segmentos a reseca/22)

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

Función postoperatoria = Función preoperatoria \times (1 - perfusión en segmento a reseca/perfusión total)

El equivalente de anhídrido carbónico mínimo ($EqCO_{2min}$) era el mínimo valor de este parámetro durante la ergometría.

El equipo quirúrgico se ocupó de la asistencia durante el postoperatorio inmediato. Para identificar las complicaciones se revisaron diariamente las historias clínicas mientras estaba en el hospital. Los investigadores revisaron a los pacientes a los 30 y 60 días de forma ambulatoria en el caso de que hubiesen sido dados de alta.

Se consideraron las siguientes complicaciones: a) muerte; b) insuficiencia respiratoria: definida como la necesidad de ventilación mecánica postoperatoria durante más de 72 h o

una gasometría arterial basal con $\text{PaO}_2 < 50$ torr o $\text{PaCO}_2 > 50$ torr durante el mismo plazo. Si se requería reintubación, se consideró todo el período entero hasta la extubación final, y c) insuficiencia cardíaca definida por la combinación de tres de los siguientes criterios: a) estertores pulmonares en la exploración física; b) presión venosa central o pulmonar elevada; c) cambios en el tamaño cardíaco al comparar las radio-

grafías; d) signos radiológicos de hipertensión venocapilar o edema pulmonar, y e) respuesta clínica a los diuréticos y/o vasodilatadores.

Los pacientes que sufrieron una o más de las complicaciones descritas se incluyeron en el grupo A, mientras que los que no tuvieron ninguna, o sufrieron complicaciones no incluidas con anterioridad formaron el grupo B.

TABLA I
Variables de interés de los grupos no complicados y complicados

N.º	Edad (años)	FEV ₁ (% pred)	FEV ₁ /FVC (% pred)	RV % (% pred)	D(A-a)O ₂	VO ₂ /kg*	V _E /MVV (%)	EqCO ₂ min	FC (% pred)	FEV ₁ PPO (% pred)	T ₁ CO (% pred)	VO ₂ /kg PPO*
No complicados												
1	60	50	72	118	31	21	77	28	91	40	36	17
3	62	45	69	119	42	17	88	46	81	30	33	11
4	48	80	76	100	31	31	66	26	93	55	62	21
5	60	49	74	91	34	22	109	34	96	28	34	13
6	26	79	78	131	12	33	57	27	94	63	74	26
7	66	78	72	120	16	19	49	35	84	70	60	17
9	52	56	79	105	34	26	81	36	87	39	31	18
10	44	63	62	135	25	28	60	32	102	60	66	26
11	64	47	84	110	44	18	101	41	78	47	44	18
13	57	63	62	122	23	24	69	33	86	48	44	18
14	65	71	80	118	31	26	82	34	91	54	71	20
16	71	80	85	129	19	30	68	29	90	67	94	25
17	61	66	85	104	14	31	99	30	96	66	102	31
18	64	69	75	121	42	31	103	33	77	59	74	26
19	48	58	70	109	35	21	70	35	102	52	66	18
20	60	79	74	104	29	27	79	34	104	68	66	23
21	38	30	58	126	27	18	107	39	103	30	51	18
22	62	65	79	110	38	23	81	38	90	40	62	14
24	73	71	79	100	33	25	78	30	85	47	70	16
25	62	70	75	123	25	25	74	31	86	60	73	22
26	57	38	46	114	31	25	100	32	107	38	89	25
27	34	55	68	120	10	25	74	33	75	47	56	21
28	66	49	68	94	31	21	90	38	95	27	43	11
29	34	74	66	119	14	29	51	27	101	57	68	22
30	63	66	72	100	42	23	87	36	92	56	76	19
31	66	63	69	119	20	27	92	32	103	48	79	20
32	39	68	72	122	4	15	53	33	69	68	74	15
36	70	46	56	162	33	20	109	30	80	42	68	18
37	53	54	84	139	22	30	106	32	104	48	64	27
38	58	66	73	120	30	25	82	37	95	54	68	21
39	55	61	70	115	24	24	79	29	88	49	62	17
40	57	63	73	118	32	26	82	36	96	51	64	24
42	52	59	69	114	23	23	76	32	91	46	62	20
43	60	62	76	117	27	25	86	35	94	52	66	21
44	54	60	69	116	24	23	78	32	90	48	63	19
45	57	64	74	120	28	27	82	37	94	54	66	20
47	53	60	71	112	25	21	80	33	86	46	61	19
\bar{x}	55,9	61,5	71,9	116,7	27,2	24,3	81,2	33,4	91,2	50,1	63,2	20,0
DE	10,9	11,8	8,1	13,1	9,3	4,2	16,1	4,1	8,9	11,3	15,9	4,4
Complicados												
2	54	66	74	137	20	26	85	29	82	33	51	13
8	54	68	64	100	36	13	81	74	75	52	34	10
12	52	62	63	151	33	17	49	38	85	30	36	8
15	55	40	54	158	42	14	77	36	71	31	51	10
23	60	60	56	139	47	19	84	44	92	33	38	10
33	53	59	84	133	39	18	79	35	85	48	58	15
34	62	39	65	130	32	16	68	28	79	34	49	14
35	69	68	84	100	32	16	74	39	75	52	61	12
41	60	60	69	133	36	19	77	41	81	41	49	12
46	55	56	66	128	33	15	72	38	78	38	46	10
\bar{x}	57,4	57,6	68,1	131,0	35,1	17,3	74,6	40,3	80,5	38,8	47,4	11,6
DE	5,3	10,2	10,4	18,8	7,2	3,6	10,4	12,8	6,1	8,5	9,0	2,1
p =	0,6759	0,3468	0,1993	0,0083	0,0178	0,0000	0,229	0,0077	0,0007	0,0059	0,0041	0,0000

*ml/min/kg.

TABLA II
Complicaciones en 22 pacientes tras resección pulmonar

Complicación	Número	Porcentaje
Muerte	3	6,4
Insuficiencia respiratoria	8	17,0
Insuficiencia cardíaca	1	2,1
Cardiopatía isquémica	1	2,1
Otras		
Fuga persistente	10	21,3
Atelectasias	4	8,5
Arritmias	4	8,5
Neumonías	2	4,2
Hemorragia digestiva alta	1	2,1
Pérdida excesiva de sangre	1	2,1
Tromboembolismo pulmonar	1	2,1
Infección de la herida	1	2,1

Nueve pacientes sufrieron más de una complicación.

Análisis estadístico

Las medias de variables paramétricas se compararon usando la prueba de la *t* no pareada considerando una cola. Las frecuencias se compararon mediante prueba de la χ^2 . La correlación entre datos se buscó con el coeficiente de correlación de Pearson. La asociación entre parámetros y complicaciones se estudiaron mediante análisis discriminativo. En los casos en que fue necesario se evaluó la normalidad y homocedasticidad de las variables mediante las pruebas apropiadas.

Para evaluar la capacidad de las variables para discriminar entre los pacientes que sufrieron complicaciones y los que no (validez) se determinaron la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos. Los puntos de corte se obtuvieron de las funciones discriminativas correspondientes. Se consideró como probabilidad a priori de pertenecer al grupo de complicados la prevalencia de complicaciones posquirúrgicas en la muestra.

Se consideró como significativo un valor $p < 0,05$ comparando un extremo. Para el análisis estadístico se empleó un software comercial¹³.

Resultados

Cincuenta y un pacientes fueron elegidos para el estudio. Cuatro fueron excluidos resultando una muestra de 47 casos, dos de ellos mujeres (tabla I). La edad media fue 56 años (DE = 11 años), altura 167 cm (DE = 6,0 cm) y peso 66 kg (DE = 10 kg). Se practicaron 16 neumonectomías (8 derechas y 8 izquierdas).

La naturaleza y frecuencia de las complicaciones encontradas se describe en la tabla II. En 3 pacientes (34, 35 y 46) no se logró desconectarlos del ventilador y murieron por infección pulmonar y fallo multiorgánico. Cuatro casos (2, 8, 33 y 41) necesitaron ventilación mecánica durante 4, 13, 21 y 28 días, respectivamente. Otro paciente (12) presentó varias atelectasias, durante las cuales el paciente estuvo en insuficiencia respiratoria hipoxémico-hipercápnica, en una de ellas con acidemia respiratoria severa ($pH < 7,25$). Otros 2 pacientes presentaron hipoxemia hipercápnica que persistía en el momento de finalizar el estudio (15, 23). Uno (23) presentó insuficiencia cardíaca a los pocos días de la intervención, que evolucionó favorablemente con tratamiento. En este paciente se sospechó infarto subendocárdico por presentar CPK-MB elevada sin alteraciones específicas de la repolarización.

También se presentaron otras complicaciones que no se consideraron en el grupo A por no asociarse a insuficiencia cardíaca o respiratoria (tabla II).

Cuando comparamos las medias de las PFB y los parámetros de ejercicio preoperatorios y postoperatorio estimado (tabla III), encontramos diferencias entre el grupo A y el B. En la tabla III se enumeran también los coeficientes de correlación con las complicaciones. En general, las correlaciones son ligeras, excepto para la VO_{2max} y los parámetros derivados de ésta que son medias. La mejor corresponde a $VO_{2max}/kg-PPO$ ($r = -0,73$; $EE = 0,10$). Es significativamente diferente ($p = 0,0016$)

TABLA III
Relación de algunas variables con el desarrollo de complicaciones

Variable	Grupo A (n = 10)	Grupo B (n = 37)	P (media)	Correlación	P (correlación)
Edad (años)	57,0 (2,1)	56,0 (2,3)	NS		
Peso (kg)	61,5 (1,3)	67,0 (2,0)	NS		
FEV ₁ (%)	57,6 (2,2)	61,4 (2,5)	NS		
FEV ₁ /FVC (%)	52,6 (1,6)	56,1 (1,3)	NS		
RV (%)	131,0 (4,0)	116,7 (2,7)	< 0,05	0,43	< 0,05
VO _{2max} (l/min)	1,24 (0,1)	1,72 (0,1)	< 0,01	-0,55	< 0,01
VO _{2max} (%)	61,5 (3,2)	81,4 (3,3)	< 0,01	-0,48	< 0,01
VO _{2max} /kg (l/min/kg)	17,3 (0,7)	24,4 (0,9)	< 0,001	-0,59	< 0,001
Pulso de O ₂ (ml/min/latido)	11,4 (0,4)	9,0 (0,4)	< 0,05	-0,45	< 0,05
V _T /VC (%)	41,9 (1,3)	49,5 (1,7)	< 0,05	-0,39	< 0,05
ECO ₂ min	40,3 (2,8)	33,2 (0,9)	< 0,05	0,41	< 0,05
V _E /MVV	74,6 (2,7)	81,4 (3,4)	NS		
FC (%)	80,5 (1,3)	90,9 (1,8)	< 0,05	-0,47	< 0,01
Porcentaje resecado (%)	31,3 (3,1)	18,7 (2,2)	< 0,05	-0,44	< 0,05
FEV ₁ -PPO (%)	38,8 (1,8)	50,1 (2,4)	< 0,05	-0,42	< 0,05
T ₁ CO-PPO (%)	47,4 (1,9)	63,1 (3,3)	< 0,05	-0,42	< 0,05
VO _{2max} -PPO (l/min)	0,82 (0,02)	1,40 (0,07)	< 0,001	-0,65	< 0,0001
VO _{2max} -PPO (%)	40,1 (1,7)	66,4 (3,1)	< 0,001	-0,64	< 0,0001
VO _{2max} /kg-PPO (ml/min/kg)	11,6 (0,4)	19,9 (0,9)	< 0,0001	-0,73	< 0,0001
Neumonectomías (%)	60 (15,5)	27 (7,3)	< 0,05		

Variables expresadas en esta tabla como media y error estándar.

TABLA IV

Comportamiento de algunas variables como prueba pronóstica de insuficiencia cardíaca o respiratoria postoperatoria

	Punto de corte	Especificidad	Sensibilidad	CPP	VPP (%)	VPN (%)
FEV ₁ -PPO (%)	28	0,97	0,10	3,7 (0,25-54)	0,50	0,78
RV (%)	148	0,97	0,25	7,4 (0,75-74)	0,67	0,82
VO _{2max} /kg (ml/min/kg)	16,9	0,97	0,50	18,5 (2,5-141)	0,83	0,87
VO _{2max} /kg-PPO (ml/min/kg)	12,6	0,97	0,60	22,2 (3,0-164)	0,75	0,90
VO _{2max} /kg-PPO+RV %		0,95	0,75	12,9 (3,0-54)	0,78	0,92

CPP: cociente de probabilidad positivo; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo. Entre paréntesis los intervalos de confianza al 95% del CPP.

de las correlaciones de las PFB y de la de VO_{2max}/kg (p = 0,049).

En la tabla IV se detalla la validez de las variables relevantes para clasificar los pacientes como pertenecientes al grupo A o B.

Discusión

En este estudio las complicaciones consideradas se correlacionaban mejor con los parámetros derivados del VO_{2max} que con las PFB medidas o estimadas postoperatorias. Entre las variables relacionadas con la VO_{2max} la VO_{2max}/kg-PPO mostraba una correlación mayor. Usadas como pruebas pronósticas de riesgo de complicaciones, si los puntos de corte tenían una especificidad aceptable, la sensibilidad era mediana. Aceptando la prevalencia de complicaciones encontrada (0,21) como representativa, los valores predictivos negativos de VO_{2max}/kg y VO_{2max}/kg-PPO fueron elevados. Según el análisis realizado, el RV% presentaba asociación con las complicaciones independiente de VO_{2max}/kg-PPO, pero al añadirlo al modelo no mejoraba la capacidad discriminativa de VO_{2max}/kg-PPO sola.

Consideramos que los sujetos estudiados constituyen una muestra no sesgada de los pacientes operados por cáncer bronquial. Aunque el muestreo no fuese aleatorio, casi todos (47/51) los que cumplieron criterios de selección fueron incluidos.

Las fórmulas usadas para estimar la función postoperatoria han demostrado buenas correlaciones (> 0,7) con el FEV₁ y la FVC reales postoperatorios tanto en lobectomías como en neumectomías^{12,13}. Para calcular VO_{2max}/kg-PPO usamos idéntico procedimiento. Previamente habíamos encontrado buenas correlaciones entre VO_{2max}-PPO y la medición postoperatoria (0,7 para lobectomías y 0,78 para neumectomías)¹³. Otros autores han obtenido resultados similares^{14,15}.

Para calcular los puntos de corte tuvimos en cuenta la probabilidad a priori de sufrir complicaciones; sin embargo, no tuvimos en consideración el coste de clasificar incorrectamente a los pacientes como falsos positivos o falsos negativos. Desde nuestro punto de vista, este coste debería tener en cuenta la supervivencia potencial perdida por aquellos pacientes que siguiendo un criterio se decidiese no operar y que realmente sí tolerarían la cirugía, medida en tiempo ajustado para la calidad de vida¹⁶ comparado con otras opciones terapéuticas y la supervivencia ganada en aquellos pacientes que habiéndose decidido a operar falleciesen, ajustada de

forma similar. No encontramos datos en la bibliografía que satisficieran estas características.

Encontramos que varias de las mediciones de la prueba de esfuerzo, particularmente las relacionadas con la VO_{2max}, tenían una correlación significativa con el tipo de complicaciones estudiado. Varios estudios han mostrado asociación entre capacidad aeróbica y las complicaciones tras la cirugía torácica¹⁷⁻²⁴. No obstante, existen también algunas discrepancias en la bibliografía²⁵⁻²⁷. Esto pudiera ser consecuencia en parte al tipo de complicaciones consideradas en cada estudio, por ello, en nuestro trabajo, hemos reducido el espectro a aquellas asociadas a insuficiencia respiratoria o cardíaca que desde un punto de vista teórico parecía que deberían guardar mayor relación con las variables obtenidas en una ergometría.

La correlación de VO_{2max}/kg-PPO fue significativamente mayor (p = 0,049) que la de la VO_{2max}/kg sugiriendo que esta variable esté más directamente relacionada con la aparición de complicaciones. En consonancia con nuestros resultados, Bolliger et al¹⁵ también observaron una buena correlación entre el VO_{2max}/kg-PPO y las complicaciones. Consideramos este hallazgo de gran interés ya que es una evidencia en favor de que, como también sugiere el trabajo de Shoemaker et al⁷, la aparición de complicaciones, o al menos la gravedad de éstas, depende de que el transporte de oxígeno postoperatorio esté críticamente bajo. Aunque la asociación de VO_{2max}/kg-PPO con las complicaciones parece ser buena, la variabilidad residual es aún elevada, bien por la variabilidad de la propia medición a pesar del cuidado puesto en su determinación, o también porque la VO_{2max}/kg-PPO tan sólo sea capaz de medir la mayor o menor integridad de los sistemas encargados del transporte de oxígeno e intercambio de gases; sin embargo, otros factores, que reduzcan todavía más la capacidad de los sistemas implicados o aumenten las necesidades de oxígeno, pueden ser aleatorios o impredecibles²⁸.

La correlación con el riesgo quirúrgico era mejor para los parámetros obtenidos en la prueba de esfuerzo que para las PFB. Otros autores han encontrado, así mismo, que la prueba de esfuerzo era mejor factor pronóstico de complicaciones que las PFB^{22,23}. Sin embargo, para poner en perspectiva este hallazgo, hay que tener en cuenta que los pacientes con FEV₁ inferior a 800 ml fueron rechazados y que en la nuestra había sólo 8 pacientes que tenían un FEV₁-PPO < 35% (de ellos cinco se complicaron), seis de estos pacientes tenían un

$VO_{2max}/kg-PPO < 12,6$ ml/min/kg, cuatro de los complicados y dos de los no complicados.

Como criterio de operabilidad, cuando la especificidad de $VO_{2max}/kg-PPO$ es buena la sensibilidad es mediana. En este aspecto no se comporta apreciablemente mejor que VO_{2max}/kg . Valores superiores a 12,6 ml/min/kg parecen identificar bien a aquellos que no sufrirán complicaciones, pero con cifras menores, un 25% toleró la cirugía, aunque cuando la medición era inferior a 12,6 ml/min/kg (positiva) el riesgo de complicaciones fue 22 veces mayor (tabla IV).

En resumen, $VO_{2max}/kg-PPO$ parece una variable con una asociación mayor que otras variables comúnmente usadas con las complicaciones del tipo insuficiencia cardíaca o respiratoria en el postoperatorio inmediato de cirugía de tórax. Es posible que esto se deba a que es un estimador más preciso del factor crítico del que depende que éstas se presenten o al menos conlleven gravedad. Sin embargo, como criterio de operabilidad dista de ser óptimo y no parece que la combinación con otras variables funcionales permita establecer un criterio más válido.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al profesor Emilio Folqué, a los doctores Federico Aragonese y Eduardo Orusco y a los restantes miembros del Servicio de Cirugía de Tórax del Hospital Universitario Gregorio Marañón de Madrid, así como a los ATS Nicolás Bahonza y M. Carmen Pérez del Laboratorio de Pruebas Funcionales Respiratorias del Hospital Universitario Gregorio Marañón de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- Gaensler EA, Cugell DW, Lindgren I, Verstraeten JM, Smith SS, Straeder JW. The role of pulmonary insufficiency in mortality and invalidism following surgery for pulmonary tuberculosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1955; 29: 163-187.
- Gass GD, Olsen GN. Preoperative pulmonary function testing to predict postoperative morbidity and mortality. *Chest* 1986; 89: 127-135.
- Damhuis RAM, Schhte PR. Resection rates and postoperative mortality in 7.899 patients with lung Cancer. *Eur Respir J* 1996; 9: 7-10.
- Rochamis P, Blackburn H. Exercise test: a survey of procedures, safety and litigation experience in approximately 170.000 tests. *JAMA* 1971; 217: 1.061-1.066.
- Bolton JWR, Weiman DS, Haynes JL, Hornung CA, Olsen GN, Almond CH. Stair climbing as indicator of pulmonary function. *Chest* 1987; 92: 783-788.
- Olsen GN. The evolving role of exercise testing prior to lung resection. *Chest* 1989; 95: 218-225.
- Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB. Role of oxygen debt in the development of organ failure sepsis, and death in high risk surgical patients. *Chest* 1992; 102: 208-215.
- Standardised lung function testing. Report Working Party "Standardisation of lung function tests". En: Quanjer editor. *Eur Con Coal and Steel, Luxembourg, July, 1983. Bull Eur Physiopath Resp* 1983; 19 (Supl 5): 22-27.
- Cotes JE. Lung function, assessment and application in medicine (4.ª ed.). Oxford: Blackweel Scientific Publications, 1979; 197-198.
- Balke B, Ware R. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *US Armed Forces Med* 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.
- 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.
- BMDP Statistical Software. INC. Copyright 1993. Los Ángeles.
- Corris PA, Ellis DA, Hawkins T, 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, SolPr 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.
- Weinstein MC, Statson WB. Foundations of cost/effectiveness analysis for health and medical practice. *N Eng J Med* 1977; 296: 716-721.
- Eugene J, Brown SE, Light RW, Milne NE, Stemer EA. Maximum oxygen consumption: a physiological guide to pulmonary resection. *Surg Forum* 1982; 33: 260-262.
- Smith TP, Kinasewith GT, Toker WY, Spillers WP, George RB. Exercise capacity as predictor of post-thoracotomy morbidity. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129: 730-734.
- Bechard D, Weststein L. Assessment of exercise oxygen consumption as preoperative criterion for lung resection. *Ann Thorac Surg* 1987; 44: 344-349.
- Miyoshi S, Nakahara K, Ohno K, Monden Y, Kawashima Y. Exercise tolerance test in lung cancer patients; the relationships between exercise capacity and post-thoracotomy hospital mortality. *Ann Thorac Surg* 1987; 44: 487-490.
- Olsen GN, Wiman DS, Boston JWR, Gass GD, McLain WC, Schoonover GA et al. Submaximal invasive exercise testing and quantitative lung scanning in the evaluation for tolerance of lung resection. *Chest* 1989; 95: 267-273.
- Nakagawa K, Nakahara K, Miyoshi S, Kawashima Y. Oxygen transport during incremental exercise load as predictor of operative risk in lung cancer patients. *Chest* 1992; 101: 1.369-1.375.
- Epstein SK, Faling LJ, Daly BDT, Celli BR. Predicting complications after pulmonary resection: preoperative exercise testing vs a multifactorial cardiopulmonary risk index. *Chest* 1993; 104: 694-700.
- Morice RC, Peters EJ, Ryan MB, Putnam JB, Ali MK, Roth JA. Exercise testing in the evaluation of patients at high risk for complications from lung resection. *Chest* 1992; 101: 356-361.
- Colman NC, Schraufnagel DE, Rivington RN, Pardy RL. Exercise testing in evaluation of patients for lung resection. *Am Rev Respir Dis* 1982; 125: 604-606.
- Usseti P, Roca J, Agusti AGN, Rodríguez-Roisin R, Heras M, Catal M et al. Failure of exercise tolerance and hemodynamics studies to predict early post-thoracotomy morbidity and mortality. *Am Rev Respir Dis* 1988; A94.
- Markos J, Mullan BP, Hillman DR, Musk AW, Antico VF, Lovegrove FT et al. Preoperative assessment as a predictor of mortality and morbidity after lung resection. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 902-910.
- Kohman LJ, Meyer JA, Ikins PM, Oates RP. Random versus predictable risks of mortality after thoracotomy for lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986; 91: 551-554.