

Original

Un método alternativo para la predicción del riesgo de complicaciones postoperatorias en la resección pulmonar



Maria del Carmen Vargas Fajardo^a, Nuria Maria Novoa Valentín^{b,*}, Marcelo Fernando Jiménez López^b, Jacinto Ramos Gonzalez^c y Gonzalo Varela Simó^b

^a Servicio de Anestesiología, Hospital Universitario de Salamanca, Salamanca, España

^b Servicio de Cirugía Torácica, Hospital Universitario de Salamanca, IBSAL, Salamanca, España

^c Servicio de Neumología, Unidad de Pruebas Funcionales Respiratorias, Hospital Universitario de Salamanca, Salamanca, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 9 de julio de 2013

Aceptado el 12 de septiembre de 2013

On-line el 14 de diciembre de 2013

Palabras clave:

Podómetro

Prueba de esfuerzo

VO_{2max}

Riesgo quirúrgico

Resección pulmonar

Complicaciones postoperatorias

R E S U M E N

Objetivos: Los objetivos de este trabajo son rediseñar un modelo de regresión lineal para estimar el valor de VO_{2max} (VO₂ estimado) ya publicado y comparar la capacidad predictiva de los valores VO₂ medido y VO₂ estimado en la aparición de complicaciones cardiorrespiratorias en una serie de pacientes sometidos a resección pulmonar por cáncer de pulmón.

Método: Estudio prospectivo y observacional en 83 pacientes. Variables analizadas: demográficas, comorbilidad, IMC, FEV1%, FVC%, DLCO%, distancia recorrida media diaria (km), VO_{2max} medido en el test de ejercicio cardiopulmonar (CPET) y complicación postoperatoria. Estadística descriptiva y comparativa de variables usando Mann-Whitney test para categóricas y t de Student para continuas normales. Se diseña un modelo de regresión lineal donde VO_{2max}, la variable dependiente, se estima desde la distancia recorrida, DLCO% y edad del paciente y su resultado es la VO₂ estimada. Se compara la capacidad predictiva de los VO_{2max} medido y estimado mediante t de Student, agrupando por ocurrencia o no de complicaciones cardiorrespiratorias.

Resultados: Los 2 grupos son homogéneos en edad, distribución de sexos, IMC, FEV1%, DLCO%, comorbilidad, cirugía realizada y distancia media recorrida/día. VO₂ medida y VO₂ estimada tienen distribución normal (K-Smirnov p > 0,32). En la predicción de complicaciones, las medias del VO₂ estimado a partir del modelo son significativamente diferentes entre los pacientes con/sin complicación (t de Student p = 0,037); frente a los valores de VO₂ medido que no distinguen grupos (t de Student p = 0,42).

Conclusiones: El VO_{2max} estimado por el modelo es más predictivo en esta serie de casos que el VO_{2max} medido en una CPET.

© 2013 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

An Alternative Method for Predicting the Risk of Postoperative Complications in Lung Resection

A B S T R A C T

Objectives: The aims of this study were to design a best fit linear regression model to estimate VO_{2max} (estimated VO₂) and to compare the ability of VO₂ values (measured and estimated) predicting cardiorespiratory complications in a series of patients undergoing lung resection for lung cancer.

Method: This was a prospective, observational study performed in 83 patients. Variables analyzed were: demographic characteristics, comorbidity, body mass index (BMI), FEV1%, FVC%, diffusion capacity (DLCO%), mean daily distance walked in kilometers, VO_{2max} measured by cardio-pulmonary exercise test (CPET) and postoperative complications. Descriptive and comparative statistical analysis of the variables was performed using the Mann-Whitney test for categorical variables and the Student's t-test for continuous variables. A new linear regression model was designed, where the dependent variable (measured VO_{2max}) was estimated by the distance, DLCO% and age, resulting in the estimated VO₂. The predictive power of the measured and estimated consumption was analyzed using the Student's t-test, grouping by the occurrence or absence of cardiorespiratory complications.

Keywords:

Pedometer

Oxygen consumption

VO₂

Surgical risk

Lung resection

Postoperative complications

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: nuria.novoa@usal.es (N.M. Novoa Valentín).

j

Results: Both groups were homogeneous for age, sex, BMI, FEV1%, DLCO%, comorbidity, type of resection performed and mean distance walked per day. Estimated VO_2 and measured VO_2 were normally distributed (K-Smirnov test, $P > .32$). VO_2 means estimated by the model (age, DLCO% and mean distance walked per day) were significantly different between patients with and without complications (Student's t test, $P = .037$) compared with measured VO_2 values, which did not differentiate groups (Student's t test, $P = .42$).

Conclusion: The $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimated by the model is more predictive in this case series than the $\text{VO}_{2\text{max}}$ measured during a standard exercise test.

© 2013 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La predicción del riesgo quirúrgico es difícil, pese al refinamiento y la adecuación de los algoritmos o modelos matemáticos de decisión que se han publicado¹, debido al sesgo de selección inherente a esos modelos². La evaluación integral del sistema cardiorrespiratorio mediante pruebas de ejercicio estandarizadas proporciona mucha información acerca de la situación fisiológica del paciente que va a ser sometido a resección pulmonar³. El cálculo de consumo máximo de oxígeno por minuto en ejercicio máximo ($\text{VO}_{2\text{max}}$)⁴ se considera la prueba más segura para cuantificar el riesgo individual de complicaciones postoperatorias. Sin embargo, esta técnica no está disponible en todos los centros donde se realiza cirugía pulmonar y no puede realizarse en todos los pacientes⁵, por contraindicaciones físicas o médicas, o por problemas estructurales de los hospitales donde está implantada.

Entre las otras opciones consideradas, la prueba de subir escaleras limitada por síntomas es la que mejor correlación ha mostrado con la morbilidad operatoria⁶, aunque su escasa estandarización y la dificultad para realizarla en un lugar seguro para el paciente dificultan su uso rutinario.

En un estudio previo⁷ realizado buscando posibles alternativas encontramos que existía una correlación entre el valor del $\text{VO}_{2\text{max}}$ medido en un test de ejercicio cardiopulmonar estándar (CPET) y el estimado mediante un modelo de regresión que incluía la medición de la distancia media (km) que recorría el paciente cada día recogida durante el periodo de espera preoperatorio con un podómetro y la DLCO% ajustada por el valor de la hemoglobina del paciente.

Los objetivos del trabajo actual son mejorar el modelo de regresión lineal previamente diseñado para buscar la mejor correlación entre los valores de consumo de oxígeno (VO_2 medido y VO_2 estimado) y comparar la capacidad de ambos valores para predecir la aparición de complicaciones cardiorrespiratorias en una serie de pacientes sometidos a resección pulmonar anatómica por cáncer de pulmón.

Método

Se desarrolló un estudio prospectivo, observacional y de medidas repetidas para cada sujeto antes y después de la intervención de resección pulmonar.

Población de estudio

En el estudio se incluyeron inicialmente 95 pacientes, de los cuales 12 fueron excluidos porque no pudieron realizar la prueba de esfuerzo bien por problemas articulares que les impedían dar la pedalada de forma uniforme ($n = 7$), por comorbilidad vascular (presencia de aneurisma de aorta y trombosis venosa profunda reciente en tratamiento) ($n = 2$), por un cuadro vaso-vagal previo a la prueba de ejercicio ($n = 1$) y por problemas técnicos con el podómetro que impidieron la medición correcta de la actividad ambulatoria ($n = 2$).

La población final fue de 83 pacientes consecutivos con cáncer de pulmón no microcítico programados para una resección pulmonar anatómica mayor (segmentectomía típica, lobectomía, bilobectomía o neumonectomía) desde mayo de 2009 hasta diciembre de 2011 que aceptaron entrar en el estudio y firmaron un consentimiento informado. Se excluyeron todos aquellos pacientes que, por limitación o contraindicación, no fueran capaces de llevar a cabo el CPET correctamente. La inclusión en el estudio de pacientes con cardiopatía isquémica quedó condicionada a la existencia de una revascularización coronaria previa o la evidencia de buena capacidad funcional, demostrada por ergometría o exploración equivalente.

Los criterios de operabilidad seguidos fueron ya publicados⁸: ausencia de comorbilidad de peor pronóstico que el cáncer, índice de Karnofski $> 50\%$, FEV₁ estimado postoperatorio superior al 30% y DLCO estimada postoperatoria superior al 40%.

Todos los pacientes fueron tratados por el mismo equipo multidisciplinar e intervenidos a través de toracotomías axilares sin sección muscular, a las que se asoció una incisión auxiliar de 2 cm.

Medición del consumo máximo de oxígeno

Los test de ejercicio cardiopulmonar se realizaron en el laboratorio de Pruebas Funcionales Respiratorias utilizando el módulo para test de ejercicio cardiopulmonar (ergoespiometría) MasterScreen CPX de Jaeger-Vyasis-Healthcare que posibilita la medición de parámetros ventilatorios, VO_2 , producción de anhídrido carbónico (VCO_2), umbral anaeróbico, cociente de intercambio respiratorio (RER), frecuencia cardíaca (*heartrate*, HR), equivalente ventilatorio de oxígeno (EQO_2), equivalente ventilatorio de CO_2 (EQCO_2) en sistema abierto tipo «*breath-by-breath*».

La modalidad de CPET utilizada en nuestro centro es el test de ejercicio con carga incremental limitado por síntomas, y se caracteriza porque el paciente realiza ejercicio en un cicloergómetro con ascensos de carga en rampa progresivos durante un período de aproximadamente 10 min (según el protocolo de Wasserman)⁹.

Medición de la actividad física cotidiana mediante el podómetro

Se utilizó un podómetro OmronWalking Style Pro HJ-720IT-E2, con el software de descarga Bi-Link específico de esta casa comercial.

En la primera consulta se realizó la programación del podómetro que iban a portar hasta el día de la intervención: fecha, hora y longitud de paso. Entrar a formar parte del estudio no supuso alargar el tiempo de espera preoperatorio.

Para el análisis de los datos del podómetro se realizó una revisión caso por caso y día a día de la actividad registrada, excluyendo para el cálculo de las medias de los parámetros aquellos días en los que no se había registrado ninguna actividad porque el paciente no se había colocado el podómetro.

Complicaciones postoperatorias

Durante el ingreso se recogieron los datos sobre el tipo de cirugía, la ocurrencia de complicaciones en el postoperatorio y el tipo de complicación sufrida. Las complicaciones se agruparon en cardiológicas, respiratorias o de tipo técnico.

Variables analizadas

Todas las variables fueron recogidas de forma prospectiva en una base de datos informatizada:

- Sobre el paciente: edad, sexo, índice de masa corporal (IMC), capacidad vital forzada (FVC), FEV₁% y DLCO% (con tratamiento broncodilatador optimizado, si lo precisara); comorbilidad: hipertensión arterial (HTA) sistémica, cardiopatía isquémica, diabetes mellitus, insuficiencia renal crónica (creatinina >2 mg/dl), valvulopatía cardíaca y/o patología arterial crónica.
- De la CPET: el VO_{2pico} en valor absoluto (ml/kg/min) y porcentual ajustados al peso del paciente.
- Sobre el podómetro:
 - Número de pasos totales dados por día o «pasos totales»
 - Número de pasos aeróbicos dados por día o «pasos aeróbicos», cuyo recuento activa el podómetro cuando el individuo ha caminado más de 10 min a un ritmo mínimo de 60 pasos por minuto y se inactiva si descansa más de un minuto.
 - Tiempo de actividad ambulatoria en minutos durante el día distinguiendo entre el tiempo de actividad total y el de actividad aeróbica o «tiempo».
 - Distancia recorrida durante la actividad durante cada día en kilómetros o «distancia»
- Complicaciones postoperatorias:
 - De tipo respiratorio: atelectasia lobar/pulmonar, neumonía según los criterios del Center for Disease Control/National Healthcare Safety network¹⁰, persistencia de insuficiencia respiratoria al alta (PO₂ < 60 mmHg o PCO₂ > 45 mmHg), necesidad de ventilación mecánica en cualquier momento tras la extubación en el quirófano y ocurrencia de tromboembolismo pulmonar.
 - De tipo cardiovascular: ocurrencia de accidente cerebrovascular, arritmia (FA), isquemia miocárdica o infarto agudo de miocardio, e insuficiencia cardíaca.
 - De tipo técnico: la necesidad de reintervención por hemotórax masivo, la ocurrencia de fuga aérea prolongada o fístula bronquial en la primera semana posresección.

Método estadístico

Se realizó un estudio descriptivo y comparativo de las diferentes variables recogidas.

Tras analizar las correlaciones entre variables, se diseñó un modelo de regresión lineal donde VO_{2max} es la variable dependiente y las variables distancia recorrida, DLCO% y edad del paciente las variables independientes incluidas. La variable resultado de este modelo es la VO₂ estimada. Se realizaron un estudio de colinealidad y un remuestreo mediante técnica de *bootstrap* con 1.000 replicaciones para obtener valores más robustos del error estándar de los coeficientes. Finalmente, el análisis de la ocurrencia de morbilidad postoperatoria y su relación con los valores de VO_{2max} medidos y calculados según el modelo predictivo desarrollado se realizó utilizando una comparación usando la T de Student pareada. Los cálculos se llevaron a cabo con el programa estadístico Stata 10.0.

Tabla 1

Características de la actividad registrada con el podómetro y del consumo de oxígeno medido mediante CPET de la población de estudio

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
<i>Datos de actividad del podómetro</i>				
Pasos totales	821,6	20.471,4	9.508,83	4.665,32
Pasos aeróbicos	0	10.904,5	3.688,47	2.989,35
Tiempo (min)	0	108,5	35,66	27,78
Distancia (km)	0,37	12,87	5,82	3,19
<i>Datos de VO₂ medido</i>				
VO ₂ (ml/kg/min)	10,8	31,2	18,79	4,32
VO ₂ (%)	48	116	78,54	15,39

Resultados

Población final de estudio

La población final de estudio fue de 83 pacientes, de los que 15 eran mujeres (18,1%). La edad de la población es de 64,59 ± 9,5 (38-80 años). Veinte pacientes (24,1%) estaban en tratamiento por HTA, 18 (21,7%) cumplían criterios de EPOC y recibían medicación broncodilatadora, 9 (10,8%) sufrían DM, 6 (7,2%) arteriopatía periférica significativa, 5 (6%) cardiopatía isquémica estable, y un paciente (1,2%) insuficiencia renal que no precisaba diálisis pero sí ajustes estrictos de medicación. Ningún paciente presentó patología valvular asociada.

Los pacientes portaron el podómetro una media de 25 días (rango, 5-41 días) (tabla 1), mostrando una rutina en cuanto los horarios y períodos de tiempo que solían caminar. Todos los pacientes desarrollaron el CPET de acuerdo al protocolo.

Se realizaron 17 segmentectomías típicas, 61 lobectomías, 3 bilobectomías y 2 neumonectomías (una derecha y otra izquierda).

La serie no tuvo mortalidad. En cuanto a morbilidad, 26 pacientes (31,3%) sufrieron algún tipo de complicación: 8 (9,6%) de tipo respiratorio, 1 (1,2%) cardiológica (arritmia), 2 presentaron complicaciones cardiológicas y respiratorias de forma concomitante, y 15 enfermos sufrieron complicaciones de tipo técnico (18,1%), fundamentalmente fuga aérea prolongada.

Correlaciones preliminares y diseño del modelo de regresión lineal

Se han analizado las posibles correlaciones entre las variables registradas de función pulmonar y actividad aeróbica con los datos VO_{2max} y VO_{2pico}.

En esta serie la VO_{2max} muestra una relación significativa con la edad ($r = -0,451$; $p = 0,000$), IMC ($r = -0,357$; $p = 0,001$), DLCO ($r = 0,238$; $p = 0,030$), número de pasos totales/día ($r = 0,278$; $p = 0,011$) y distancia recorrida/día ($r = 0,315$; $p = 0,004$), pero no con FEV₁% ($r = 0,182$; $p = 0,1$), la presencia de EPOC ($r = 0,088$; $p = 0,431$), los pasos aeróbicos/día ($r = 0,151$; $p = 0,173$) o el tiempo de actividad aeróbica ($r = 0,117$; $p = 0,294$).

La VO₂% solo muestra una correlación significativa con el FEV₁% ($r = 0,303$; $p = 0,006$), con la DLCO ($r = 0,390$; $p = 0,000$) y con el número de pasos totales/día ($r = 0,244$; $p = 0,027$).

Tras el análisis de las correlaciones entre variables, para el desarrollo del modelo final de regresión lineal donde el VO_{2max} y la VO₂% van a ser las variables dependientes, se incluyeron aquellas variables que mostraron la mayor correlación con la variable dependiente y que no mostraran colinealidad entre ellas.

De los modelos desarrollados, tanto para VO₂% como VO_{2max}, el modelo que presentó el mejor ajuste está en relación con la estimación de los valores de VO_{2max} (variable dependiente) y tenía como variables independientes: edad, DLCO y distancia recorrida (tabla 2). Se realizó un análisis discriminante de colinealidad y ninguna de

Tabla 2
Características del modelo de regresión lineal de mejor ajuste

	Test de Wald	Significación	β	B IC 95%
Edad	4,49	0,000	0,398	0,066-0,170
DLCO	4,25	0,007	0,414	0,054-0,148
Distancia	3,19	0,002	0,186	0,204-0,286

$R^2 = 0,940$; $p < 0,001$.

Tabla 3
Análisis comparativo de las 2 subpoblaciones del estudio según la ocurrencia de complicaciones cardiorrespiratorias (CR) en el postoperatorio

Variable	Pacientes sin complicaciones CR (n = 72) n (%)	Pacientes con complicaciones CR (n = 11) n (%)	p
Sexo varón	57 (79)	11 (100)	0,201
HTA	18 (25)	2 (18,2)	1
EPOC	13 (18,05)	5 (45,5)	0,055
DM	8 (11,1)	1 (9,1)	1
CI	5 (6,9)	0	1
Arteriopatía	4 (5,5)	2 (18,2)	0,178
IR	1 (1,4)	0	1
	Media (DE)	Media (DE)	p
Edad	63,8 (9,3)	69,2 (8,8)	0,08
IMC	26,7 (4,7)	23,9 (4,3)	0,78
FEV ₁ %	85,1 (20,3)	77,5 (24,5)	0,26
FVC%	96,4 (19,1)	100,2 (19,1)	0,53
DLCO%	78,2 (20,1)	66,78 (20,5)	0,08
Pasos totales	9.511,2 (4.701,3)	9.493,2 (4.641,5)	0,99
Pasos aeróbicos	3.750,6 (2.921,1)	3.281,5 (3533,5)	0,63
Tiempo	36,1 (26,9)	32,6 (34,2)	0,69
Distancia	5,9 (3,2)	4,9 (3,03)	0,349

las variables mostraba relación con las otras (índice de colinealidad < 15 en todas las variables).

Análisis de la población según la ocurrencia o no de complicaciones cardiorrespiratorias en el postoperatorio

Los 2 grupos en que se divide la población son homogéneos (tabla 3).

Ambas variables (VO₂ medida y VO₂ estimada) tienen distribución normal (K-Smirnov $p > 0,32$).

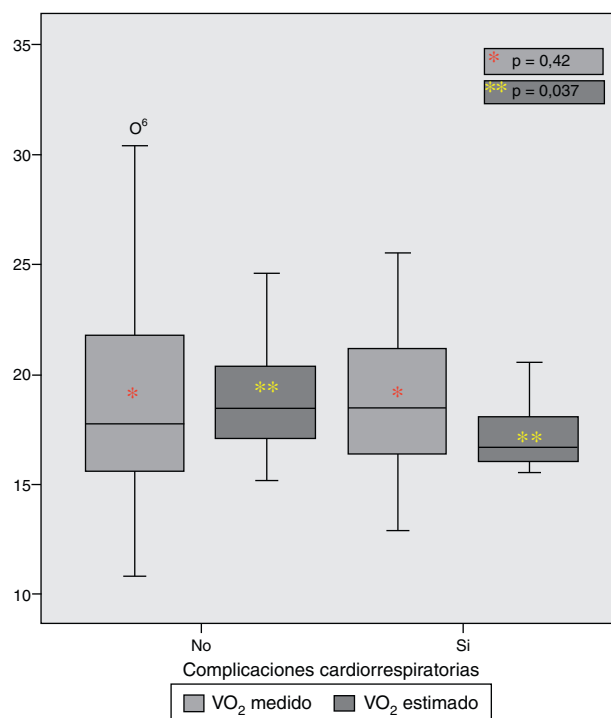
En la predicción de complicaciones, la media del VO₂ estimado a partir del modelo es significativamente diferente entre los pacientes con/sin complicación ($p = 0,037$), frente a los valores de VO₂ medido, que no distinguen grupos ($p = 0,42$) (tabla 4 y fig. 1).

Discusión

El objetivo principal de este trabajo era diseñar un método de predicción del valor del VO₂ del paciente a partir de variables que podamos conocer con facilidad en todos los pacientes y analizar su capacidad predictiva sobre la ocurrencia de complicaciones cardiorrespiratorias en el postoperatorio de una resección pulmonar.

Tabla 4
Valores numéricos de las medias de los consumos de oxígeno por grupos según la ocurrencia o no de complicaciones cardiorrespiratorias (CR)

Variable	n	Media	DE	Rango	p
<i>VO₂ medida</i>					
Sin complicación CR	72	18,78	4,42	17,7-19,8	0,42
Con complicación	11	18,85	3,83	16,2-21,4	
<i>VO₂ estimada</i>					
Sin complicación CR	72	18,87	2,28	18,3-19,4	0,037
Con complicación	11	17,35	1,7	16,1-18,5	

**Figura 1.** Diferencias entre las medias de los VO₂max y VO₂ estimado según la ocurrencia de complicaciones cardiorrespiratorias en el postoperatorio.

El modelo de predicción desarrollado muestra una $R^2 = 0,94$, lo que implica un ajuste muy bueno del mismo. En su diseño se incluyen 3 variables: edad, DLCO% y distancia media recorrida al día. Es bien conocida la relación inversa de la edad con el VO₂¹¹, y su introducción en el análisis mejora los resultados de este. Tanto la DLCO% ajustada por la hemoglobina del paciente como la distancia media recorrida diaria en kilómetros formaban parte del modelo publicado anteriormente⁷. La introducción de estas 2 variables supuso una innovación sobre las variables que se habían utilizado en otros estudios para estimar el VO₂¹²⁻¹⁴. En este trabajo y en el anterior⁷ se optó por utilizar la variable «distancia» en lugar de «pasos totales» porque mostraba un índice de correlación mejor con el VO₂ ($r = 0,315$ frente a $r = 0,278$). La razón para incluir la DLCO% es doble: por una parte, este parámetro demostró tener correlación con la edad ($r = 0,245$) y el VO₂max ($r = 0,238$), y en segundo lugar porque es un parámetro independiente predictor de complicaciones postoperatorias reconocido¹⁵.

El segundo objetivo del trabajo era analizar la capacidad predictiva de los 2 valores de consumo de oxígeno: el medido y el estimado. En nuestro análisis, la capacidad predictiva es significativamente mejor en el modelo estimado. Al analizar los datos del comportamiento de las medias de los diferentes grupos, llaman especialmente la atención 2 datos (tabla 4 y fig. 1): por un lado, que la diferencia entre grupos con/sin complicación es muy pequeña en ambas mediciones y, por otro, que el VO₂ medido obtiene unos datos muy similares, no discriminativos entre los 2 grupos porque los rangos de las mediciones son muy amplios, al contrario de lo que ocurre con los valores del VO₂ estimado, cuyos rangos son mucho más estrechos y probablemente le confieren la ventaja predictiva. Un reciente metaanálisis de Benzo et al.¹⁶ sobre 14 estudios que reúnen 955 sujetos efectivamente encuentra que los pacientes con complicaciones postoperatorias tienen un consumo de oxígeno significativamente menor que los que no las tienen, pero la diferencia media es de solo 3 ml/kg/min o del 8,95% entre uno y otro grupo. De este análisis, los autores concluyen que los pacientes con consumos por encima de 20 ml/kg/min tienen un índice muy bajo de

complicación, aunque eso no significa que no puedan complicarse, pero si lo hacen tendrán mejores posibilidades de sobrevivir. En nuestro estudio es interesante observar que el rango de los valores de VO_2 medidos de los pacientes que tuvieron complicaciones es superior al de los que no las tuvieron (17,7–19,8 frente a 16,2–21,4) y sus medias son similares (18,75 vs 18,85; $p = 0,42$). Sin embargo, los rangos de los valores del consumo estimado son menos amplios (18,3–19,4 frente a 16,1–18,5) y sus medias significativamente diferentes entre sí (18,87–17,35; $p = 0,037$). En el metaanálisis¹⁶ el valor inferior que se relaciona con un alto índice de complicaciones está en 16 ml/kg/min, y en nuestros pacientes es de 17,35 ml/kg/min, algo superior pero dentro del rango de valores publicados en los estudios analizados.

Aunque la comparación de las características de las 2 subpoblaciones de pacientes —los que sufren complicaciones y los que no— presenta 2 grupos estadísticamente similares, es cierto que los enfermos que sufren más complicaciones tienen una media de edad mayor (63,8–69,2 años) y una $\text{DLCO\%}$ menor (78,2–66,7). Estos datos son acordes con los datos publicados respecto a las características de los pacientes que sufren complicaciones en otras series¹⁶.

La guía clínica¹ vigente para la evaluación de pacientes subsidiarios de resección pulmonar recomienda la toma final de decisiones en base a los resultados del CPET, es decir, según los valores alcanzados del $\text{VO}_{2\text{max}}$ en valores absolutos o porcentuales ($\text{VO}_2\%$).

Los valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$ dependen, entre otros factores, de la edad¹¹, el género¹⁷, la patología respiratoria previa¹⁸, la genética¹⁹ y el grado de entrenamiento del sujeto¹⁷, dato que a su vez está fuertemente vinculado con su actividad física diaria²⁰, su salud y la mortalidad^{21,22}, y puede ser un elemento útil para la predicción de episodios adversos postoperatorios. En ese sentido, nuestro grupo ha buscado una alternativa para estimar ese valor de $\text{VO}_{2\text{max}}$ mediante el estudio de un tipo de ejercicio fácil de realizar.

Existen trabajos recientes⁵ que constatan la existencia de numerosos fallos en la aplicación del algoritmo europeo de evaluación funcional publicado en 2009¹. La dificultad más importante ocurre en la realización de la prueba de esfuerzo de alta tecnología, ya que por causas diversas solo el 84% de los pacientes intervenidos la llevaron a cabo. La misma guía reconoce que la prueba estandarizada de subir escaleras limitada por síntomas puede ser una alternativa a la realización de un CPET y ayudar a reducir el número de pacientes que lo precisarían. Sin embargo, esta prueba ha sido criticada por su escasa estandarización y la dificultad para su realización en un lugar seguro para el paciente. Además, muchos pacientes presentan problemas articulares y de inseguridad a la hora de subir las escaleras, por lo que a veces sus resultados también pueden ser subóptimos, como ocurre con el CPET, en el que algunos resultados insatisfactorios pueden ser achacables a las duras condiciones que se requieren para su realización.

Las limitaciones del propio paciente son una de las causas fundamentales para no poder realizar una CPET⁷. Las contraindicaciones cardiovasculares y las limitaciones articulares son especialmente relevantes en una población cada vez más mayor, y por ello con más comorbilidad asociada. Resulta muy difícil solventar esta limitación, pero es posible que la solución radique en el desarrollo de nuevas estrategias sencillas y seguras para medir la capacidad de ejercicio de un paciente. Es el caso de pruebas basadas en la medición de la distancia andada o la calidad del ejercicio que el paciente realiza diariamente en su vida cotidiana.

No es intención de este estudio cuestionar el valor predictivo del CPET en la valoración del riesgo quirúrgico. En la actualidad no se considera la medida de la actividad física diaria como un sustituto del CPET formal, pero esperamos que estudios posteriores con series más amplias y en pacientes más comprometidos funcionalmente permitan que se afiance como una prueba de cribado válida, económica y eficaz para aquellos sujetos en los que no se puede realizar un CPET formal por presentar algún tipo de

contraindicación o limitación, o como alternativa en el caso de no disponer del mismo en un centro.

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones importantes. Por un lado, el condicionado por el tamaño muestral, que limita las posibilidades del estudio estadístico. Por el mismo motivo, no se ha dividido la población en 2 grupos: uno para crear matemáticamente el modelo, y un segundo grupo sobre el cual evaluar la su validez. El análisis de series más amplias en el futuro permitirá comprobar la fiabilidad de las conclusiones obtenidas en este estudio. Este aspecto también influye en el número de complicaciones cardiorrespiratorias recogidas en el estudio y que han sufrido solo 11 pacientes, lo que también limita la capacidad de extrapolar los resultados. Otra limitación importante de este trabajo es un posible sesgo de observación. Los datos que se recogen son generados por el paciente en su vida cotidiana, fuera del hospital. Por lo tanto no es posible tener la certeza absoluta de quién es la persona que porta el podómetro. No obstante, a fin de disminuir este sesgo, se hizo especial hincapié en explicar a cada paciente en la consulta la importancia de que ninguna otra persona de su entorno utilizara su podómetro. Asimismo, las conclusiones pueden verse afectadas por un sesgo en la selección de casos, ya que no es posible obtener datos de pacientes que, a causa de los criterios de selección de los facultativos que remiten los pacientes a nuestra unidad, nunca llegan a ser considerados como candidatos a cirugía, ni por ende subsidiarios de entrar en este estudio.

En conclusión, es posible estimar con fiabilidad el valor del VO_2 de un paciente a partir de su edad, $\text{DLCO\%}$ y distancia que camina de media al día medida con un podómetro. En esta serie de casos el $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado es más predictivo de la ocurrencia de complicaciones cardiorrespiratorias que el $\text{VO}_{2\text{max}}$ medido en una prueba de ejercicio estándar. Nuestro siguiente objetivo será validar este modelo en una serie más extensa y que cuente con un perfil de pacientes más amplio.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no tenemos ningún conflicto de intereses que pueda causar algún sesgo en el trabajo adjunto.

Bibliografía

1. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier JP, Varela G, et al. European Respiratory Society and European Society of Thoracic Surgeons joint task force on fitness for radical therapy. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemo-radiotherapy). *Eur Respir J*. 2009;34:17–41.
2. Utley M, Treasure T. The use of scoring systems in selecting patients for lung cancer resection: Work-up bias come full-circle. *Thorac Surg Clinics*. 2008;18:107–13.
3. Olsen GN. The evolving role of exercise testing prior to lung resection. *Chest*. 1989;95:218–25.
4. Brunelli A, Refai M, Xiumé F, Salati M, Sciarra V, Socci L, et al. Performance at symptom-limited stair-climbing test is associated with increased cardiopulmonary complications, mortality, and costs after major lung resection. *Ann Thorac Surg*. 2008;86:240–7.
5. Novoa NM, Ramos J, Jimenez MF, González-Ruiz JM, Varela G. Primera fase de validación del algoritmo europeo de evaluación funcional previa a la resección pulmonar, cuantificación del cumplimiento de las recomendaciones en la práctica clínica real. *Arch Bronconeumol*. 2012;48:229–33.
6. Toth MJ, Gardner AW, Ades PA, Poehlman ET. Contribution of body composition and physical activity to age-related decline in peak VO_2 in men and women. *J Appl Physiol*. 1994;77:647–52.
7. Novoa NM, Varela G, Jiménez MF, Ramos J. Value of the average basal daily walked distance measured using a pedometer to predict maximum oxygen consumption per minute in patients undergoing lung resection. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2011;39:756–62.
8. Varela G, Cordovilla R, Jimenez M, Novoa N. Utility of standardized exercise oximetry to predict cardiopulmonary morbidity after lung resection. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;19:351–4.
9. Wasserman K, Hansen J, Sue D, Stringer W, Whipp B. Clinical exercise testing. En: Weinberg RW, editor. *Principles of Exercise Testing and Interpretation Including Pathophysiology and Clinical Applications*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 133–59.

10. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008;36:309–32.
11. Wasserman K, Whipp B. Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Respir Dis*. 1975;112:219–49.
12. Astrand P, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol*. 1954;7:218–21.
13. Zhang K, Werner P, Sun M, Pi-Sunyer FX, Boozer CN. Measurement of human daily physical activity. *Obes Res*. 2003;11:33–40.
14. Cao Z, Miyatake N, Hihuchi M, Ishikawa-Takata K, Miyachi M, Tabata I. Prediction of $\text{VO}_{2\text{max}}$ with daily step counts for Japanese adult women. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105:289–96.
15. Ferguson MK, Vigneswaran WT. Diffusing capacity predicts morbidity after lung resection in patients without obstructive lung disease. *Ann Thorac Surg*. 2008;85:1158–65.
16. Benzo R, Kelley GA, Recchi L, Hofman A, Sciurba F. Complications of lung resection and exercise capacity: A meta-analysis. *Respir Med*. 2007;101:1790–7.
17. Woo J, Derleth C, Stratton J, Levy W. The influence of age, gender, and training on exercise efficiency. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:1049–57.
18. Gallagher CG. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med*. 1994;15:305–26.
19. Ingelsson E, Larson M, Vasan R, O'Donnell C, Yin X, Hirschhorn JN, et al. Heritability, linkage, and genetic associations of exercise treadmill test responses. *Circulation*. 2007;115:2917–24.
20. Zhang J, Ohta T, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Miyashita M. Effects of daily activity recorded by pedometer on peak oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{ peak}}$), ventilatory threshold and leg extension power in 30- to 69-year-old Japanese without exercise habit. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90:109–13.
21. Schönhofen B, Ardes P, Geibel M, Köhler D, Jones PW. Evaluation of a movement detector to measure daily activity in patients with chronic lung disease. *Eur Respir J*. 1997;10:2814–9.
22. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002;346:793–801.