

Las pruebas de esfuerzo en la cirugía de resección pulmonar

L. Puente-Maestu y J.J. Ruiz Martín

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

Introducción

El afán por obtener con pruebas de esfuerzo índices capaces de predecir la morbilidad y mortalidad perioperatorias de la cirugía con resección pulmonar comenzó poco después de los primeros intentos de evaluar objetivamente el riesgo quirúrgico en los años cincuenta¹. El determinante psicológico de estas investigaciones ha sido sin duda la experiencia en el día a día de que las complicaciones y las muertes son más frecuentes en los pacientes con intolerancia al ejercicio.

Como ocurre en gran medida con la investigación centrada en la predicción del riesgo quirúrgico, al tratar de sacar conclusiones de los trabajos publicados sobre la capacidad de ciertas variables relacionadas con la reserva fisiológica para predecir el riesgo operatorio nos encontramos con que la inmensa mayoría presenta deficiencias metodológicas. La cuestión fundamental, particularmente en la cirugía realizada con intención curativa de un cáncer, es predecir la mortalidad; sin embargo, la mayoría de los estudios incluye pocos casos de muerte postoperatoria. En casi ningún artículo se expresa una medición del aumento del riesgo (p. ej., riesgo relativo) asociado al criterio propuesto acompañada de la precisión de tal medición. En pocos casos se ha analizado el efecto de los factores de confusión o de interacción como la edad, el tamaño de la resección, etc. Las distintas complicaciones incluidas, así como los criterios diagnósticos empleados, no han sido homogéneas. Por último, es prácticamente la norma la selección sesgada de la muestra, al excluirse sistemáticamente a los pacientes cuyo riesgo se anticipa alto, generalmente por tener una función basal muy baja o por otros criterios subjetivos, por lo que se les considera inoperables de entrada. Se debe considerar estas deficiencias metodológicas no sólo como negligencia por parte de los investigadores, sino como consecuencia del comprensible escrúpulo a la hora de operar a pacientes con mala función pulmonar para averiguar dónde están los límites fisiológicos y como un abordaje metodológicamente aceptable si, como ocurre con los estudios de eficacia o de seguridad, se considera que en la investigación sobre pruebas diagnósticas también pueden considerarse las fases I, II y III. La evidencia disponible puede considerarse como estudios que corresponden a las fases I (o sea, averiguar si la variable se relaciona con la morbilidad o la mortalidad) y II (es decir, evaluar cómo se comporta la variable como prueba diagnóstica o pronóstica, su sensibilidad y especificidad), pero aclarados estos puntos faltan los estudios en fase III, al menos con muestras grandes, que corresponderían a comprobar cómo se comportaría la variable a una variedad de circunstancias comparada con otras técnicas para el mismo fin. La carencia de este tipo de estudios refleja la dificultad para desarrollar ensayos clínicos con poblaciones grandes para evaluar y comparar los distintos índices funcionales propuestos.

ABREVIATURAS

FEV₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo.
 FEV₁-PPO: volumen espiratorio forzado en el primer segundo predicho postoperatorio.
 IC: índice cardíaco.
 DO₂: aporte de oxígeno.
 PaO₂: presión arterial de oxígeno.
 PaCO₂: presión arterial de anhídrido carbónico.
 PAP: presión sistólica de arteria pulmonar.
 SC: superficie corporal.
 TLCO: transferencia pulmonar de monóxido de carbono.
 TLCO-PPO: transferencia pulmonar de monóxido de carbono predicha postoperatoria.
 TO₂LT: transporte de oxígeno en el umbral de lactato.
 V'Ö₂máx: captación máxima de oxígeno limitada por síntomas o consumo pico de oxígeno.
 V'Ö₂máx-PPO: captación máxima de oxígeno limitada por síntomas o consumo pico de oxígeno, predicho postoperatorio.
 V'Ö₂LT: captación de oxígeno en el umbral de acidosis láctica.
 V'E_{máx}: ventilación máxima en la prueba de esfuerzo limitada por síntomas.
 PuO₂máx: pulso de oxígeno máximo.
 RV/TLC: relación entre el volumen residual y la capacidad pulmonar total.
 RVP: resistencias vasculares pulmonares.

Correspondencia: Dr. L. Puente-Maestu.
 Servicio de Neumología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón.
 Dr. Ezquerdo, 46. 28007 Madrid. España.
 Correo electrónico: lpuente@separ.es.

Recibido: 12-11-2002; aceptado para su publicación: 10-12-2002.

Con independencia de las deficiencias metodológicas mencionadas, existen al menos otros dos obstáculos importantes, probablemente insalvables, para la identificación exacta de aquellos que no van a tolerar la cirugía por medio de variables funcionales. En primer lugar, ninguna de ellas tiene precisión suficiente. Sobre este problema ya teorizó Lockwood en 1973³ con respecto a las pruebas de función pulmonar en reposo y concluyó que por medio de ellas sólo sería posible identificar grupos con diferente nivel de riesgo. El razonamiento es aplicable a las variables obtenidas en las pruebas de esfuerzo y probablemente también a los índices clínicos. En segundo lugar, debemos tener presente que aunque los índices funcionales pongan en evidencia el grado de deterioro de los sistemas evaluados y, por tanto, sea esperable que puedan predecir el riesgo de las complicaciones que tienen su origen en ellos y también en las posibilidades de sobrevivir a una complicación, en la medida en que esta supervivencia dependa de la reserva funcional. En algunos casos la aparición de complicaciones y su gravedad dependen de factores fortuitos y de la respuesta frente a ellas (velocidad, eficacia). Esta reflexión tampoco es nueva³.

Estas consideraciones no son un alegato a favor de una actitud nihilista. La incapacidad de las variables funcionales estudiadas hasta la fecha para diferenciar con exactitud a quienes se complicarán o morirán no es razón para no hacer una evaluación funcional preoperatoria, pues claramente permite identificar si el paciente pertenece a un grupo de mayor riesgo. ¿Le ofreceremos la cirugía a un paciente que tiene un 60% de riesgo de morir sin por lo menos advertírsele? ¿Estamos dispuestos (y tiene capacidad el sistema) a que un buen número de nuestros enfermos pase muchos días en una unidad de cuidados intensivos antes de morir o quedar seriamente discapacitado? Y si vamos a negar la cirugía a un paciente (o a disuadirlo de su conveniencia), ¿en qué nos basaremos, en nuestra impresión? Opinamos que en la práctica real no se ofrece cirugía a quien tiene pocas expectativas de sobrevivir, y esta decisión se debe basar en el riesgo previsible en función de factores preoperatorios objetivos y mensurables.

Por último, una reflexión importante para establecer un criterio de inoperabilidad consiste en definir qué mortalidad operatoria es inaceptable en una enfermedad por la que dejada a su curso natural muere el 100% de los pacientes. Para decidirlo se debería tener en cuenta la probabilidad de que la enfermedad que afecta a nuestro paciente sea curada con cirugía, comparada con la probabilidad de curación por otros medios, la calidad de vida posterior al tratamiento, la supervivencia a largo plazo y también el coste-eficiencia. No se dispone de mucha de esta información, por lo que el criterio de operabilidad se basa generalmente en el riesgo operatorio inmediato, aunque probablemente se tiene en cuenta el estadio antes de decidir operar, al menos a los pacientes límite. Si, por ejemplo, en un centro se considera que una mortalidad operatoria del 25% es aceptable para el cáncer de pulmón, además de la carga psicológica para los cirujanos y las personas encargadas de atender a los pacientes, las estancias en planta y unidades de

cuidados postoperatorios aumentarán respecto a los de otro centro con igual calidad asistencial que sólo considere razonable un 10%. En este tipo de decisiones deberían participar los responsables de la gestión del centro.

Mecanismos fisiopatológicos de la predicción del riesgo

El mecanismo fisiopatológico por el que las mediciones obtenidas en las pruebas de esfuerzo se relacionarían con las complicaciones no está claro. Una posibilidad es que al aumentar las demandas funcionales de los sistemas respiratorio, circulatorio y de transporte de oxígeno durante el ejercicio se pondrían de manifiesto disfunciones no apreciables en las pruebas en reposo y, en el caso de la cirugía de tórax, si hay suficiente reserva funcional para tolerar la intervención. La información obtenida permitiría predecir el riesgo mejor que con pruebas basales⁴. Otro mecanismo posible es el que sugiere un interesante estudio de Shoemaker et al⁵. En esta investigación se observó que un factor crítico para la mortalidad es el balance entre el transporte y las necesidades de oxígeno tisulares en el período postoperatorio. Así, si la capacidad de transportar oxígeno a los tejidos estuviese seriamente comprometida, podría llegar a ser insuficiente, particularmente si se produjera cualquier complicación postoperatoria. La prueba de esfuerzo estimaría la reserva de los sistemas implicados antes de que el aporte de oxígeno pudiera llegar a ser insuficiente. Esta hipótesis se ve respaldada por los estudios que encuentran relación entre la $V\dot{O}_2LT$, una medida del nivel de demanda tisular al que el aporte de oxígeno resulta insuficiente, y la mortalidad^{6,7}. Finalmente es posible que los resultados de la prueba de esfuerzo no reflejen más que el estado general del paciente^{8,9}.

Los estudios que han analizado el valor de las pruebas de esfuerzo en la predicción del riesgo quirúrgico se pueden agrupar en dos categorías:

- Estudios que analizan la tolerancia al ejercicio, es decir la facultad para hacer cierta tarea como subir escaleras.
- Estudios que analizan la capacidad de predicción de ciertas variables obtenidas durante la prueba de esfuerzo.

Estudios de tolerancia al esfuerzo

No está claro quién fue el primer cirujano que se fijó en la capacidad de andar o subir escaleras de los pacientes para decidir si le operaba, pero esta valoración subjetiva posiblemente sigue influyendo de forma importante en la decisión de operar.

Varios estudios han analizado el valor pronóstico de la realización de una tarea específica como andar una distancia determinada en cierto tiempo^{1,10-14} o subir cierto número de escalones¹⁵⁻¹⁷ incluso en pacientes límite ($FEV_1-PPO < 800$ ml y > 700 ml)¹⁸, o pedalear¹⁹; se puede concluir que los pacientes capaces de consumir dichas tareas, que en la mayoría de los casos requerían

esfuerzos vigorosos, tuvieron un riesgo perioperatorio bajo (evidencia A). En general los resultados publicados no permiten definir una relación precisa entre tolerancia y riesgo o un criterio de tolerancia asociado a un riesgo inaceptable de mortalidad (evidencia B). Los estudios que han comparado la capacidad para predecir la morbilidad postoperatoria de las pruebas de tolerancia con la de las pruebas de función basal ofrecen resultados contradictorios¹⁰⁻¹³. Ninguno analizó una muestra suficiente que permita concluir la superioridad o inferioridad de las pruebas de tolerancia con respecto a las pruebas de función en reposo.

Estudios que analizan la capacidad de predicción de ciertas variables

Captación máxima de oxígeno y potencia máxima. La relación entre la $V'O_{2máx}$ y el riesgo perioperatorio ha sido el objeto de múltiples estudios desde los años ochenta (tabla 1). En el trabajo pionero de Eugene et al²⁰ se encontró que tres de cuatro pacientes con $V'O_{2máx} < 1$ l/min fallecieron mientras que todos los 15 pacientes con $V'O_{2máx} > 1$ l/min sobrevivieron. Smith et al²¹ encontraron que todos los pacientes con una $V'O_{2máx} < 15$ ml/min/kg sufrieron complicaciones cardiopulmonares, incluidas dos muertes, mientras que los pacientes

con una $V'O_{2máx} > 20$ ml/min/kg sufrieron una morbilidad mínima. Bechard y Wetstein²² estudiaron un grupo con 38 pacientes de alto riesgo por criterios espirométricos, y encontraron que los siete que se complicaron (dos muertes) tenían una $V'O_{2máx} < 10$ ml/min/kg. Epstein et al⁹ hallaron que la $V'O_{2máx}$ se correlacionaba con las complicaciones cardiopulmonares, pero no era superior que un índice clínico de riesgo que ellos definirían. Bolliger et al²³ vieron que, aunque el FEV₁-PPO y la TL_{CO}-PPO eran significativamente menores en el grupo de complicados, no eran tan buen criterio de riesgo como el $V'O_2$ -PPO. Los tres pacientes fallecidos y ninguno de los no fallecidos tenían una $V'O_{2máx}$ -PPO < 10 ml/min/kg. Larsen et al²⁴ no encontraron ninguna variable o combinación de variables que superase a la potencia máxima limitada por síntomas para predecir complicaciones postoperatorias. El $V'O_{2máx} < 50\%$ separaba a los pacientes que murieron por causas cardiopulmonares de los que no. Torchio et al²⁵ encontraron que una $V'O_{2máx}/kg > 20$ ml/min/kg se asociaba a un 4% de complicaciones cardiopulmonares, mientras que una $V'O_{2máx} < 20$ ml/min/kg, a un 42% de complicaciones. Los pacientes que tenían una $V'O_2LT > 15$ ml/min/kg no presentaron ninguna complicación. Puente et al²⁶ estudiaron a 47 pacientes con limitación crónica del flujo aéreo y FEV₁ < 2 l y $> 0,8$ l.

TABLA I
Estudios que analizaron la captación máxima de oxígeno con las complicaciones perioperatorias de la cirugía de tórax

Autores	n	Metodología	Observaciones
Eugene et al, 1982 ²⁰	19	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro	$V'O_{2máx} < 1$ l/min, 75% de mortalidad ^{3,4} $V'O_{2máx} > 1$ l/min, sin mortalidad
Smith et al, 1984 ²¹	22	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro comparado con FEV ₁ -PPO con ^{99m} Tc	$V'O_{2máx} < 15$ ml/min/kg: 100% de complicaciones $V'O_{2máx} > 20$ ml/min/kg: 10% de complicaciones Sin relación entre complicaciones y FEV ₁ -PPO
Bechard y Wetstein, 1987 ²²	50	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro, 38 pacientes alto riesgo	Los 7 que se complicaron (2 muertes) $V'O_{2máx} < 10$ ml/min/kg
Bolliger et al, 1995 ²³	25	$V'O_2$ -PPO con ^{99m} Tc y ¹³³ Xe	$V'O_2$ -PPO < 10 ml/min/kg se asocia a mortalidad del 100%. Mejor como criterio de riesgo que FEV ₁ -PPO y TL _{CO} -PPO
Larsen et al, 1997 ²⁴	97	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro	El mejor índice para predecir complicaciones cardiopulmonares fue la potencia máxima. La $V'O_{2máx} < 50\%$ se asoció a un riesgo elevado de muerte
Torchio et al, 1998 ²⁵	52	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro. $V'O_2LT$ (intercambio de gases)	$V'O_{2máx} > 20$ ml/min/kg, 4% de complicaciones $V'O_{2máx} < 20$ ml/min/kg, 42% de complicaciones $V'O_2LT > 15$ ml/min/kg, ninguna complicación
Puente et al, 1998 ²⁶	47	$V'O_{2máx}$ en tapiz comparado con FEV ₁ -PPO y TLCO PPO con ^{99m} Tc. Pacientes de alto riesgo	$V'O_{2máx} < 17$ ml/min/kg aumenta riesgo 18 veces. Ese criterio tiene 97% especificidad y 50% sensibilidad. Desaturación esfuerzo se relaciona con complicaciones
Colman et al, 1982 ²⁷	59	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro. Incluía todo tipo de complicaciones como fugas aéreas, pérdida desangre, etc.	Sin relación entre complicaciones y $V'O_{2máx}$, pero sí con FEV ₁ y FVC
Boysen et al, 1990 ²⁸	17	$V'O_{2máx}$ en tapiz rodante	Sin relación entre $V'O_{2máx}$, $V'E_{máx}$ o $PuO_{2máx}$ y la incidencia de complicaciones cardiopulmonares
Markos et al, 1989 ²⁹	55	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro. comparado con PPO con ^{99m} Tc. Sólo 3 pacientes FEV ₁ $< 50\%$	Sin relación entre complicaciones y $V'O_{2máx}$, pero sí relación con FEV ₁ -PPO, TL _{CO} -PPO y desaturación en esfuerzo
Ribas et al, 1998 ³⁰	62	$V'O_{2máx}$ en cicloergómetro comparado con FEV ₁ -PPO y TL _{CO} -PPO con ^{99m} Tc. Pacientes de alto riesgo	Sin relación entre morbilidad y $V'O_{2máx}$ o TL _{CO} -PPO, pero sí con FEV ₁ -PPO, FEV ₁ -PPO, TL _{CO} -PPO y desaturación en esfuerzo menores en los 4 que murieron

$V'O_{2máx}$: captación máxima de oxígeno limitada por síntomas; $V'O_2LT$: captación de oxígeno en el umbral de acidosis láctica; TO_2LT : transporte de oxígeno en el umbral de lactato; SC: superficie corporal; PPO: predicho postoperatorio. PuO_2 : pulso de oxígeno máximo.

Encontraron relación entre el tamaño de la resección, el RV/TLC, la TL_{CO} -PPO (pero no el FEV_1 -PPO), la $V'O_{2max}$ y la $V'O_{2max}$ -PPO y las complicaciones cardiorespiratorias. Tanto la $V'O_{2max}$ como la $V'O_{2max}$ -PPO tenían una correlación significativamente mayor que los parámetros de función basal. Los mejores puntos de corte fueron 13 ml/min/kg para la $V'O_{2max}$ -PPO y 17 ml/min/kg para la $V'O_{2max}$. Estos puntos de corte tenían un alto valor predictivo negativo (90%), pero el valor predictivo positivo era bajo (75 y 60%, respectivamente). Los modelos multivariantes no mejoraron la capacidad de predicción. Por el contrario, Colman et al²⁷ no encontraron relación entre las complicaciones postoperatorias y la capacidad de esfuerzo preoperatoria. Sin embargo, incluyeron en las complicaciones problemas técnicos como fugas aéreas persistentes, pérdidas excesivas de sangre, infecciones de la herida y empiemas. Boysen et al²⁸ estudiaron a diecisiete pacientes y no encontraron relación entre la $V'O_{2max}$, la $V'E_{max}$ o el PuO_{2max} obtenidos en una prueba máxima en tapiz rodante y la incidencia de complicaciones cardiopulmonares postoperatorias. Los pacientes tenían una función basal especialmente buena. La relación entre $V'E_{max}$ o la frecuencia cardíaca máxima y sus valores teóricos se relacionaron con la ocurrencia total de complicaciones pero no específicamente con las complicaciones cardiopulmonares. En el estudio de Markos et al²⁹, la $V'O_{2max}$ no fue diferente entre los pacientes con y sin complicaciones. Sí lo fueron, sin embargo, el FEV_1 -PPO, la TL_{CO} , TL_{CO} -PPO y la desaturación durante el ejercicio. En este estudio la mitad de los pacientes tenía un $FEV_1 > 2$ l y sólo el 6%, un $FEV_1 < 50\%$. Ribas et al³⁰, estudiando a pacientes de alto riesgo por criterios espirométricos, encontraron resultados equiparables.

No está clara la razón para las discrepancias entre los estudios que han tratado de relacionar la $V'O_{2max}$ con la morbilidad o la mortalidad postoperatorias. En algunos casos podrían originarse en diferencias en la selección de pacientes que resultaron en diferencias en la función cardíaca o pulmonar de la muestra estudiada. También hay diferencias en el tipo de complicaciones que se consideraron, las que realmente se presentaron en los pacientes estudiados o, en los criterios diagnósticos. Pudo haber diferencias en la metodología de la prueba de esfuerzo o en la colaboración de los sujetos. Finalmente, los medios aplicados para prevenir y tratar las complicaciones pudieron variar.

Algunos estudios se han planteado describir las tasas de morbilidad y mortalidad en pequeñas muestras de pacientes considerados inoperables con criterios de función predicha postoperatoria, pero cuya $V'O_{2max}$ supere un cierto límite. Morice et al³¹ describen ocho pacientes considerados inoperables por $FEV_1 < 40\%$, FEV_1 -PPO $< 33\%$ o $PaCO_2 > 45$ mmHg, pero con una $V'O_{2max} > 15$ ml/min/kg, a quienes se ofreció cirugía y aceptaron. Dos pacientes tuvieron complicaciones y ninguno murió. Bolliger et al³² describen a cinco pacientes a los que se decidió operar con criterios muy parecidos y todos sobrevivieron. Walsh et al³³ ofrecieron cirugía a 20 sujetos con idénticos criterios que Morice et al³¹. Ninguno murió y ocho (40%) sufrieron complicaciones. La estancia máxi-

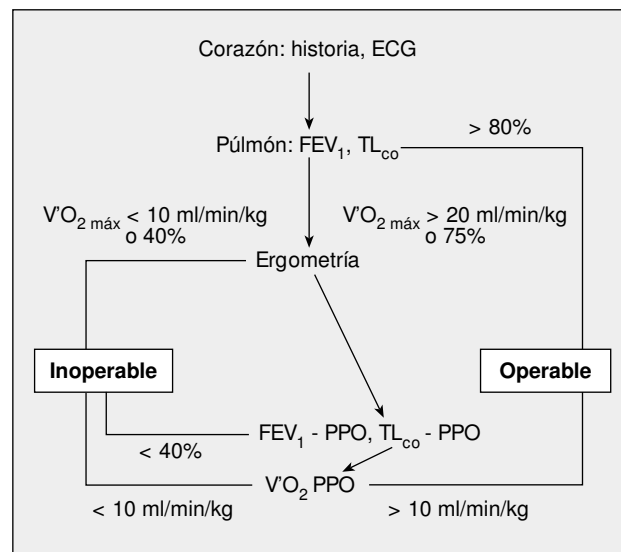


Fig. 1. Estrategia de evaluación preoperatoria analizada prospectivamente por Wyser et al³⁴. Estos autores plantean la prueba de esfuerzo como segundo escalón en la valoración antes de realizar estudios gammagráficos cuantitativos de función regional. Con este abordaje la mortalidad quirúrgica inmediata en los 103 pacientes estudiados fue del 1,5%. $V'O_{2max}$: captación máxima de oxígeno limitada por síntomas; $V'O_{2LT}$: captación de oxígeno en el umbral de acidosis láctica; PPO: predicho postoperatorio.

ma fue de 22 días. Pate et al¹⁸ publicaron doce pacientes, con un FEV_1 -PPO en torno a 700 ml y una $V'O_{2max} > 10$ ml/min/kg, que toleraron la resección pulmonar.

En conclusión, no hay evidencias de que la prueba de esfuerzo sea mejor que las pruebas de función basal o a la simple evaluación de la tolerancia al ejercicio para identificar a los pacientes de mayor riesgo para la cirugía torácica y, por tanto, no se puede recomendar como prueba de cribado (evidencia B). En pacientes con mayor riesgo para cirugía de tórax en función de los resultados de la espirometría y prueba de difusión de CO (es decir con FEV_1 o $TL_{CO} < 80\%$), tanto la $V'O_{2max} > 15$ ml/min/kg como las estimaciones de función postoperatoria FEV_1 -PPO o TL_{CO} -PPO $< 40\%$ identifican a los pacientes con un riesgo de complicaciones cardiorespiratorias que, a la luz de la experiencia publicada, se puede considerar aceptable (evidencia B) y con una mortalidad también razonable (evidencia C). En pacientes de alto riesgo por criterios funcionales (es decir, FEV_1 -PPO o TL_{CO} -PPO $< 40\%$) con $V'O_{2max} > 15$ ml/min/kg o una $V'O_{2max}$ -PPO > 10 ml/min/kg, hay experiencia limitada que sugiere que sobrevivirán a la cirugía siempre que ésta sea lobectomía o resecciones atípicas (evidencia C).

Finalmente en un estudio se ha evaluado prospectivamente un algoritmo de selección de pacientes en el que se valoraban tres índices del electrocardiograma, FEV_1 , TL_{CO} y $V'O_{2max}$, y sus respectivas predicciones postoperatorias basadas en estudios isotópicos (FEV_1 -PPO, TL_{CO} -PPO y $V'O_{2max}$ -PPO) (fig. 1). La mortalidad fue del 1,5%³⁴. Será difícil determinar si, como propone este algoritmo, desde el punto de vista de la valoración del riesgo operatorio inmediato la realización de la prueba de esfuerzo en el segundo escalón de evaluación,

es decir antes de realizar una gammagrafía cuantitativa de perfusión para estimar la función postoperatoria, es mejor o peor estrategia que al contrario. Por tanto, su empleo dependerá del coste-eficiencia y de las disponibilidades de cada centro, pero hay que resaltar que esta estrategia es la única analizada prospectivamente.

Umbral de lactato. En el estudio de Miyoshi et al⁶, el $V'O_2$ por metro cuadrado de superficie corporal al que se encontraba una cierta concentración de lactato (20 mg/dl) predecía la mortalidad, aunque no la morbilidad. El mismo grupo³⁵ describió en un estudio de 31 pacientes que el mejor índice entre todos los que analizaron para predecir la mortalidad era el aporte de oxígeno cuando el lactato era de 20 mg/dl. Torchio et al²⁵ hallaron que los pacientes que tenían una $V'O_2LT > 15$ ml/min/kg no presentaron ninguna complicación.

Estudios hemodinámicos en ejercicio. Uggla et al³⁶ estudiaron a 109 pacientes. Encontraron que los pacientes cuya PAP subía por encima de 35 mmHg o cuya PaO_2 bajaba de 45 mmHg en ejercicio tras ocluir la arteria pulmonar tenían mayor mortalidad. Con el mismo criterio, Olsen et al³⁷ encontraron una mortalidad relativamente baja: el 8% en lobectomías y el 18% en neumonectomías. Sin embargo, Laros y Swierenga³⁸ no encontraron relación entre las PAP en ejercicio tras oclusión del lado a operar y la mortalidad postoperatoria precoz. Fee et al³⁹ analizaron a 30 pacientes a los que midieron las RVP. Todos los pacientes con $RVP < 190$ dinas/s⁻¹/cm⁻⁵ sobrevivieron a la cirugía. Las cinco muertes por insuficiencia respiratoria tenían $RVP > 190$ dinas/s⁻¹/cm⁻⁵. Nakagawa et al³⁵ encontraron relación entre el $V'O_2$, el índice cardíaco, el DO_2 y las RVP a la intensidad de ejercicio en el que el lactato en sangre alcanzaba 20 mg/dl. De todos estos índices la $V'O_2$ y el DO_2 normalizados para la superficie corporal eran los que mejor diferenciaban a los complicados de los que no sufrieron complicaciones. Olsen et al⁴⁰ estudiaron a 29 pacientes con EPOC y encontraron que la entrega de oxígeno, el índice cardíaco y la $V'O_2$ calculado eran los mejores parámetros para predecir la morbimortalidad. En este estudio PAP, PVR y FEV_1 -PPO no se relacionaron con las complicaciones. Ribas et al³⁰ no encontraron que el gasto cardíaco, la PAP o las RVP predijeran la morbimortalidad, aunque sí el FEV_1 -PPO. Bolliger et al³² estudiaron a cinco pacientes considerados inoperables con criterios de función basal, les practicaron lobectomías si la PAP < 35 mmHg y $RVP < 190$ dinas/s⁻¹/cm⁻⁵ o la $V'O_{2máx}$ era > 15 ml/min/kg, y todos los pacientes sobrevivieron. Okada et al⁴¹ midieron la fracción de eyección calculada de la velocidad de disipación de la temperatura del bolo de suero utilizado para medir el gasto cardíaco por termodilución a 18 pacientes, y encontraron que una fracción de eyección $< 45\%$ en ejercicio se asociaba a mayor morbilidad.

Por tanto, una PAP < 35 mmHg en ejercicio parece identificar a los pacientes de mayor riesgo (evidencia A). No hay evidencia de que un estudio hemodinámico en ejercicio sea mejor para predecir el riesgo que estudios menos invasores (evidencia C) y, por ello, no son recomendables.

Desaturación con el ejercicio. Son muchos los estudios que han encontrado relación entre la desaturación con el ejercicio y el riesgo postoperatorio^{24,26,29,30,40,42}. En este último estudio en 299 pacientes la oximetría en ejercicio predijo mejor la insuficiencia respiratoria y la necesidad de oxigenoterapia postoperatoria, la estancia media y la necesidad de pasar de la unidad de cuidados intermedios a la UCI que las pruebas de función en reposo. Por el contrario, Kearney et al⁴³ no encontraron que la desaturación predijera las complicaciones, aunque sí el FEV_1 -PPO.

La desaturación en ejercicio parece relacionarse con alto riesgo de complicaciones cardiorrespiratorias (evidencia A). No hay evidencias suficientes para saber si este criterio es mejor que otros basados en la $V'O_{2máx} > 15$ ml/min/kg, pero puede resultar mejor que las estimaciones de función postoperatoria FEV_1 -PPO o TL_{CO} -PPO (evidencia C).

Otras cirugías

La morbilidad y la mortalidad están aumentadas en los pacientes con obstrucción que se someten a cirugía sin resección pulmonar⁴⁴.

La prueba de esfuerzo se ha utilizado también para valorar el riesgo operatorio en estos tipos de cirugía. Nagamatsu et al⁴⁵ encontraron que la $V'O_{2máx}$ era el único índice que resultó diferente en los enfermos que sufrieron complicaciones y los que no las padecieron tras cirugía de resección esofágica. Ningún paciente con una $V'O_{2máx} > 0,8$ l/min tuvo complicaciones, por lo que los autores concluyen que éste es un límite seguro. Carliner et al⁴⁶ no encontraron que las pruebas de esfuerzo para detectar isquemia miocárdica fueran mejores que el electrocardiograma basal para predecir el riesgo operatorio. Gerson et al⁴⁷ encontraron en 55 pacientes estudiados prospectivamente que la incapacidad para hacer 2 min de ejercicio en bicicleta, en posición supina y capaz de elevar la frecuencia cardíaca a 99 lat/min, fue el único factor independiente que predijo las complicaciones postoperatorias. Older et al⁷ encontraron en 181 pacientes mayores de 60 años operados de cirugía abdominal que la mortalidad fue del 18% con $V'O_2LT < 11$ ml/min/kg y del 0,8% con valores mayores. Con una $V'O_2LT > 11$ ml/min/kg y prueba clínica o electrocardiográficamente positiva para isquemia miocárdica, la mortalidad postoperatoria fue del 4%. El mismo grupo estudió a 540 pacientes mayores de 60 años a los que se iba a intervenir de cirugía abdominal. La estrategia de manejo postoperatorio se basó en la $V'O_2LT$ y la presencia de isquemia miocárdica en el electrocardiograma de esfuerzo. La mortalidad global fue del 4%. No hubo muertes relacionadas con complicaciones cardiorrespiratorias en pacientes con una $V'O_2LT < 11$ ml/min/kg⁴⁸.

La prueba de esfuerzo puede identificar a los sujetos con riesgo aceptable en cirugía esofágica (evidencia C). En sujetos de edad superior a 60 años, las variables obtenidas en la prueba de esfuerzo (tolerancia de al menos 2 min a 99 lat/min, $V'O_2LT > 11$ ml/min/kg y la detección o no de isquemia miocárdica) identifican a pacientes con alta mortalidad y permiten definir estrategias postoperatorias que reduzcan el riesgo (evidencia B).

APÉNDICE
Descripción de los niveles de evidencia

Categoría de evidencia	Definición
A	La evidencia procede de estudios bien diseñados cuyos hallazgos muestran un patrón consistente en la población para la que hace la recomendación. La categoría A requiere una cantidad considerable de estudios en los que participe un número sustancial de sujetos
B	La evidencia procede de estudios bien diseñados que incluyen un número reducido de pacientes, análisis de subgrupos o metaanálisis de estudios de tamaño pequeño. En general, la categoría B se asigna cuando existen pocos estudios, son de tamaño pequeño, se realizaron en poblaciones que difieren de la población para la que se hace la recomendación o los resultados son inconsistentes
C	Esta categoría se usa sólo en los casos en que se considera útil dar una guía de actuación, pero se considera la evidencia disponible insuficiente para colocarla en alguna de las anteriores categorías

Cuando nos pareció apropiado, los niveles de evidencia se indican en el texto entre paréntesis después de cada afirmación relevante.

BIBLIOGRAFÍA

- Ganesler EA, Cugell DW, Lindgren I, Verstraeten JM, Smith SS, Strieder JW. The role of pulmonary insufficiency in mortality and invalidism following surgery for pulmonary tuberculosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1955;29:163-87.
- Lockwood P. The principles of predicting the risk of post-thoracotomy function-related complications in bronchial carcinoma. *Respiration* 1973;30:329-44.
- Kohman LJ, Meyer JA, Ikins PM, Oates RP. Random versus predictable risks of mortality after thoracotomy for lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986;91:551-4.
- Olsen GN. The evolving role of exercise testing prior to lung resection. *Chest* 1989;95:218-25.
- Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB. Tissue oxygen debt as determinant of lethal and non-lethal postoperative organ failure. *Crit Care Med* 1988;16:1117-20.
- Miyoshi S, Nakahara K, Ohno K, Monden Y, Kawashima Y. Exercise tolerance test in lung cancer patients: the relationship between exercise capacity and postthoracotomy hospital mortality. *Ann Thorac Surg* 1987;44:487-90.
- Older P, Smith R, Courtney P, Hone R. Preoperative evaluation of cardiac failure and ischemia in elderly patients by cardiopulmonary exercise testing. *Chest* 1993;104:701-4.
- Kinsdewitz GT. Survival of the fit test. Exercise testing in the evaluation of thoracotomy candidates. *Chest* 1992;102:332-3.
- Epstein SK, Faling LJ, Daly BD, Celli BR. Predicting complications after pulmonary resection. Preoperative exercise testing vs a multifactorial cardiopulmonary risk. *Chest* 1993;104:694-700.
- Reichel J. Assessment of operative risk of pneumonectomy. *Chest*. 1972;62:570-76.
- Bagg LR. The 12-min walking distance: its use in the preoperative assessment of patients with bronchial carcinoma before lung resection. *Respiration* 1984;46:342-5.
- Berggren H, Ekroth R, Malmberg R, Naucler J, William-Olsson G. Hospital mortality and long-term survival in relation to preoperative function in elderly patients with bronchogenic carcinoma. *Ann Thorac Surg* 1984;38:633-6.
- Tsubota N, Yanagawa M, Yoshimura M, Murotani A, Hatta T. The superiority of exercise testing over spirometry in the evaluation of postoperative lung function for patients with pulmonary disease. *Surg Today* 1994;24:103-5.
- Holden DA, Rice TW, Stelmach K, Meeker DP. Exercise testing, 6-min walk, and stair climb in the evaluation of patients at high risk for pulmonary resection. *Chest* 1992;102:1774-9.
- Van Nostrand D, Kjelsberg MO, Humphrey EW. Preresectional evaluation of the risk from pneumonectomy. *Surg Gynecol Obst* 1968;127:3406-12.
- Olsen GN, Bolton JWR, Weiman DS, Haynes JL, Hornung CA, Almond CH. Stair climbing as an exercise test to predict the postoperative complications of lung resection. *Chest* 1991;99:587-90.
- Girish M, Trayner E, Dammann O, Pinto-Plata V, Celli B. Symptom-limited stair climbing as a predictor of postoperative cardiopulmonary complications after high risk surgery. *Chest* 2001;120:1147-51.
- Pate P, Tenholder MF, Griffin JP, Eastridge CE, Weiman DS. Preoperative assessment of the high-risk patient for lung resection. *Ann Thorac Surg* 1996;61:1494-500.
- Epstein S, Faling J, Daly BDT, Celli BR. Inability to perform bicycle ergometry predicts increased morbidity and mortality after lung resection. *Chest* 1995;107:311-6.
- Eugene J, Brown SE, Light RW, Milne NE, Stemmer EA. Maximum oxygen consumption: a physiologic guide to pulmonary resection. *Surg Forum* 1982;33:260-2.
- Smith TP, Kinasewitz GT, Tucker WY, Spillers WP, George RB. Exercise capacity as predictor of post-thoracotomy morbidity. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:730-4.
- Bechard D, Wetstein L. Assessment of exercise oxygen consumption as preoperative criterion for lung resection. *Ann Thorac Surg* 1987;44:344-9.
- Bolliger CT, Wyser C, Roser H, Soler M, Perruchoud AP. Lung scanning and exercise testing for the prediction of postoperative performance in lung resection candidates at increased risk for complications. *Chest* 1995;108:341-8.
- Larsen RK, Svendsen UG, Milman N, Brenoe J, Petersen BN. Exercise testing in the preoperative evaluation of patients with bronchogenic carcinoma. *Eur Respir J* 1997;10:1559-65.
- Torchio R, Gulotta C, Parvis M, Pozzi R, Giardino R, Borasio P, et al. Gas exchange threshold as a predictor of severe postoperative complications after lung resection in mild-to-moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Monaldi Arch Chest Dis* 1998;53:127-33.
- Puente Maestu L, Rodríguez Hermosa JL, Ruiz de Ona JM, Santa-Cruz Seminiani A, de Lucas Ramos P, García de Pedro J, et al. Papel de la estimación preoperatoria de la captación máxima de oxígeno en la predicción de insuficiencia cardiorrespiratoria en el período postoperatorio inmediato en la cirugía torácica. *Arch Bronconeumol* 1998;34:127-32.
- Colman NC, Schraufnagel DE, Rivington RN, Pardy RL. Exercise testing in the evaluation of patients for lung resection. *Ann Thorac Surg* 1987;44:344-9.
- Boysen PG, Clark CA, Block AJ. Graded exercise testing and postthoracotomy complications. *J Cardiothorac Anesth* 1990;4:68-72.
- 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;139:902-10.
- Ribas J, Diaz O, Barbera JA, Mateu M, Canalis E, Jover L, et al. Invasive exercise testing in the evaluation of patients at high-risk for lung resection. *Eur Respir J* 1998;12:1429-35.
- 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;101:356-61.
- Bolliger CT, Soler M, Stulz P, Gradel E, Muller-Brand J, Elsasser S, et al. Evaluation of high-risk lung resection candidates: pulmonary haemodynamics versus exercise testing. A series of five patients. *Respiration* 1994;61:181-6.
- Walsh GL, Morice RC, Putnam JB, Nesbitt JC, McMurtrey MJ, Ryan B, et al. Resection of lung cancer is justified in high risk patients selected by exercise oxygen consumption. *Ann Thorac Surg* 1994;58:704-1.
- Wyser C, Stulz P, Soler M, Tamm M, Muller-Brand J, Habicht J, et al. Prospective evaluation of an algorithm for the functional assessment of lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:1450-6.
- Nakagawa K, Nakahara K, Miyoshi S, Kawashima. Oxygen transport during incremental exercise load as predictor of operative risk in lung cancer patients. *Chest* 1992;101:1369-75.
- Ugglä LG. Indications for and results of thoracic surgery with regard to respiratory and circulatory function tests. *Acta Chir Scand* 1956;111:197-213.

37. Olsen GN, Block AJ, Swenson EW, Castle JR, Wynne JW. Pulmonary function evaluation of the lung resection candidate: A prospective study. *Am Rev Respir Dis* 1975;111:379-87.
38. Laros CD, Swierenga JS. Temporary unilateral pulmonary artery occlusion in the preoperative evaluation of patients with bronchial carcinoma. *Med Thorac* 1967;24:269.
39. Fee HJ, Carmak Holmes E, Gewitz HS, Ramming KP, Alexander JM. Role of pulmonary vascular resistance measurements in preoperative evaluation of candidates to pulmonary resection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975;75:519-24.
40. Olsen GN, Wiman DS, Bolton JWR, Gass D, McLain WC, Schoonover GA, et al. Submáximal invasive exercise testing and quantitative lung scanning in the evaluation of tolerance to lung resection. *Chest* 1989;95:267-73.
41. Okada M, Okada, M, Ishii N, Yamashita C, Sugimoto T, Okada K, et al. Right ventricular ejection fraction in the preoperative risk evaluation of candidates for pulmonary resection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112:364-70.
42. Raon V, Todd TRJ, Kuus A, Buth K, Pearson FG. Exercise oxymetry versus spirometry in the assessment of risk prior to lung resection. *Ann Thorac Surg* 1995;60:603-9.
43. Kearney DJ, Lee TH, Reilly JJ, De Camp MM, Sugarbaker DJ. Assessment of operative risk in patients undergoing lung resection. Importance of predictive pulmonary function. *Chest* 1994;105:753-9.
44. Albuquerque R, Faresin SM, Jardim JR. Complicaciones pulmonares y mortalidad en el postoperatorio de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica leve y moderada sometidos a cirugía general electiva. *Arch Bronconeumol* 2001;37:227-34.
45. Nagamatsu Y, Shima I, Yamana H, Fujita H, Shirouzu K, Ishitake T. Preoperative evaluation of cardiopulmonary reserve with the use of expired gas analysis during exercise testing in patients with squamous cell carcinoma of the thoracic esophagus. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;121:1064-8.
46. Carliner N, Fisher ML, Pltnick GD, Garbart H, Rapoport A, Kelemen MH, et al. Routine preoperative exercise testing in patients undergoing major noncardiac surgery. *Am J Cardiol* 1985;56:51-8.
47. Gerson MC, Hurst JM, Hertzberg VS, Doogan PA, Cochran MB, Lim SP, et al. Cardiac prognosis in noncardiac geriatric surgery. *Ann Intern Med* 1985;103:832-7.
48. Older P, Hall A, Hader R. Cardiopulmonary exercise testing as a screening test for perioperative management of major surgery in the elderly. *Chest* 1999;116:355-62.