

# Evaluación de la función respiratoria en pacientes que van a ser sometidos a cirugía de resección pulmonar

Silvia Cid-Juárez,\*<sup>‡</sup> ✉ Pablo León-Gómez,<sup>‡</sup> Roberto A. Mejía-Alfaro,\* Luis Torre-Bouscoulet,\*  
Laura Gochicoa-Rangel\*

\*Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México;

<sup>‡</sup>Centro Especializado en Alergias y Neumología Tlalpan, Ciudad de México.

**RESUMEN.** El cáncer de pulmón en estadios tempranos es una causa principal de la cirugía de resección pulmonar con intento curativo. El identificar los factores de riesgo asociados a morbilidad posquirúrgica y estimar la función pulmonar residual así como la reserva cardiopulmonar ayudan a reducir los riesgos perioperatorios así como a reducir la discapacidad física del paciente neumópata. El objetivo de este trabajo es ofrecer a los neumólogos y cirujanos de tórax una visión general de los aspectos prácticos de la valoración funcional preoperatoria en resección pulmonar, con la intención de que sea tomada en cuenta en beneficio de los pacientes.

**Palabras clave:** Resección pulmonar, cáncer pulmonar, espirometría, DLCO, cardiopulmonar, valoración funcional respiratoria.

## Preoperative functional assessment for lung resection candidates

**ABSTRACT.** Lung cancer in early stages is a major cause of lung resection surgery with curative intent. The identification of risk factors associated with postoperative morbidity and mortality and the estimation of residual lung function as well as cardiopulmonary reserve help reduce perioperative risks as well as reduce the physical disability of the pulmonary patient. The objective of this work is to offer pulmonologists and chest surgeons an overview of the practical aspects of preoperative functional assessment in pulmonary resection, with the intention that it be taken into account for the benefit of patients.

**Key words:** Lung resection, lung cancer, spirometry, DLCO, cardiopulmonary, respiratory functional assessment.

## Abreviaturas

ACCP = American College of Chest Physicians.

ASA = American Society of Anesthesiologists.

CO = Monóxido de carbono.

CO<sub>2</sub> = Bióxido de carbono.

cTnI = Troponina cardíaca I.

cTnT = Troponina cardíaca T.

DLCO = Difusión pulmonar de monóxido de carbono.

EPOC = Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

ERS = European Respiratory Society.

ESTS = European Society of Thoracic Surgeons.

FEV1 = Volumen espiratorio forzado en el 1er segundo.

MET = Equivalente metabólico.

PECP = Prueba de esfuerzo cardiopulmonar.

po = Posoperatorio.

RMN = Resonancia nuclear magnética.

RR = Riesgo relativo.

TAC = Tomografía axial computarizada.

V/Q = Relación ventilación/perfusión pulmonar.

VCO<sub>2</sub> = Producción de bióxido de carbono.

VE = Ventilación minuto.

VE/VCO<sub>2</sub> = Eficiencia ventilatoria para el bióxido de carbono.

VI = Ventrículo izquierdo.

VMI = Ventilación mecánica invasiva.

VMNI = Ventilación mecánica no invasiva.

VO<sub>2</sub> = Consumo de oxígeno.

VO<sub>2</sub>max = Consumo de oxígeno máximo.

www.medigraphic.org.mx

## ✉ Autor para correspondencia:

Dra. Silvia Cid Juárez, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México.  
Correo electrónico: chivis.cid@gmail.com

Trabajo recibido: 10-I-2018; aceptado: 23-II-2018

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/neumologia>

## INTRODUCCIÓN

Entre las indicaciones más comunes para resección pulmonar se encuentran el cáncer pulmonar, bronquiectasias, neumonías necrotizantes, secuelas de tuberculosis, enfisema pulmonar localizado, malformaciones congénitas y lesiones traumáticas. El tipo de resección más frecuente es la lobectomía (76.8%); seguida por la segmentectomía (14.8%), neumonectomía (6%) y bilobectomías (2.3%). Las complicaciones respiratorias posquirúrgicas se presentan en el 15-20% de los pacientes y son la principal causa de mortalidad. La mortalidad general asociada a la cirugía de resección pulmonar es de 3-4%<sup>1</sup> y difiere dependiendo del tipo de resección pulmonar: 0.8-1.4% para segmentectomía, 2-4% para lobectomía y 6-8% para neumonectomías.<sup>2-5</sup>

En muchos casos estas resecciones se deben a la presencia de cáncer pulmonar, donde la cirugía puede ofrecer una opción curativa (estadios tempranos I y II);<sup>6</sup> por ello, realizar una adecuada valoración preoperatoria en pacientes candidatos a resección pulmonar ayudará a saber en quiénes el beneficio ofrecido supere el riesgo quirúrgico.

## ¿QUÉ ES EVALUACIÓN PREOPERATORIA?

Es el abordaje global de un sujeto que necesita ser sometido a una intervención quirúrgica. Su objetivo es identificar aquel paciente que tenga alto riesgo de complicaciones perioperatorias y de discapacidad a largo plazo usando los estudios disponibles hasta el momento, así como el de asesorar adecuadamente al paciente sobre las opciones de tratamiento y los riesgos de cada uno de ellos, para que él pueda tomar una decisión informada.

En neumología la evaluación preoperatoria tiene como objetivo identificar a aquellos sujetos con alto riesgo de complicaciones cardíacas y respiratorias que puedan causar secuelas a mediano y largo plazo, VMI o VMNI prolongada, dependencia al O<sub>2</sub> suplementario, traqueostomía, infecciones pulmonares, fístulas broncopleurales e incluso la muerte. En el abordaje preoperatorio de un paciente con patología pulmonar deberemos responder a tres preguntas:

### 1) ¿Es la lesión resecable? (resección anatómica):

- a. Resecabilidad es la probabilidad de que una lesión neoplásica sea resecada de manera completa (cirugía curativa o potencialmente curativa).

### 2) ¿El paciente es operable?, es decir, ¿Tiene reserva pulmonar suficiente para tolerar la resección? (operabilidad o resección fisiológica)

- a. Operabilidad es la probabilidad de que un paciente con una lesión resecable pueda intervenir quirúrgicamente, resistir la resección pulmonar con buena posibilidad de sobrevida y de calidad de vida aceptable.

### 3) ¿Existen contraindicaciones importantes para la cirugía propuesta?

- a. ¿Hay condiciones cardíacas inestables o activas?
- b. Se deben valorar las comorbilidades y estado funcional.

## EVALUACIÓN INICIAL

Antes de iniciar con la evaluación funcional respiratoria, no deben pasarse por alto los antecedentes personales no patológicos (factores que limitan la vida diaria, exposiciones: tabaco, ambiental o domésticas) y patológicos del paciente (capacidad funcional, comorbilidades diagnosticadas, síntomas respiratorios). En la exploración física deben siempre buscarse signos de enfermedad cardiovascular o pulmonar, tratarlas de forma oportuna con la finalidad de mejorar la evolución posquirúrgica o incluso predecir posibles complicaciones.

Si el clínico concluye que la intervención es apropiada, entonces el cirujano con base en la imagen de la lesión (radiografía, tomografía) decidirá si el tumor es técnicamente resecable.

Para tomar una decisión adecuada de la intervención es importante considerar: el pronóstico del paciente, los riesgos perioperatorios y el impacto de la cirugía torácica en la función pulmonar a corto y largo plazo, ya que la cantidad de parénquima que se espera sea eliminado tendrá una clara correlación con la morbilidad posoperatoria.

Aunque la valoración cardíaca no es el objetivo principal de este trabajo, se menciona brevemente su algoritmo, ya que la cirugía pulmonar *per se* (neumonectomía, pleuroneumonectomía, la resección laringotraqueal y la broncoangioplastia) es considerada de alto riesgo quirúrgico (> 5% de mortalidad a 30 días). Además, la mayoría de la población candidata a cirugía de resección pulmonar es mayor de 60 años, y no es infrecuente la presencia de una enfermedad cardíaca documentada o asintomática (cardiopatía isquémica, la disfunción del ventrículo izquierdo, la enfermedad valvular cardíaca y arritmias) que se asocie a las complicaciones perioperatorias cardíacas.<sup>7,8</sup>

¿Por qué realizar valoración preoperatoria cardíaca a un paciente neumópata candidato a cirugía de resección torácica?

1. Como ya se mencionó, la cirugía *per se* es considerada de alto riesgo quirúrgico.

- Si el paciente se considera de bajo riesgo cardíaco tras una minuciosa evaluación, la cirugía puede ser realizada con seguridad y sin retraso.
- Si el paciente tiene alto riesgo cardíaco, la reducción de ese riesgo mediante el tratamiento farmacológico será más costo-efectiva.

Por lo que las recomendaciones para realizar una valoración preoperatoria para que se someta al paciente a una cirugía abierta o toracoscópica son:

- Emplear índices de riesgo cardíaco para la estratificación del riesgo perioperatorio (NSQIP o LEE) 1B.<sup>9</sup>
  - Índice de Lee: comprende seis variables y es fácil de estimar el riesgo (tabla 1).
  - Índice de NSQIP: comprende 21 variables las cuáles deben ser ingresadas de manera electrónica a una aplicación en Internet (riskcalculator.facs.org) y calcula el riesgo para ocho desenlaces (tabla 2).<sup>10</sup>

**Tabla 1.** Índice de Lee: variables utilizadas para estimar el riesgo quirúrgico.

Variables	Puntuación
Tipo de cirugía: de alto riesgo	1
Cardiopatía isquémica	1
Insuficiencia cardíaca congestiva	1
Enfermedad cerebrovascular	1
Diabetes en tratamiento con insulina	1
Creatinina > 2 mg/dl	1

Clase	Puntos	Complicaciones (%)
I	0	0.4-0.5
II	1	0.9-1.3
III	2	4.9-7
IV	> 2	9-11

**Tabla 2.** Índice de NSQIP: variables utilizadas para estimar 8 desenlaces del riesgo quirúrgico (riskcalculator.facs.org).

Desenlaces predictivos postoperatorios		
Muerte		
Neumonía		
Evento cardíaco		
Infección del sitio quirúrgico		
Infección del tracto urinario		
Tromboembolia venosa		
Falla renal		
Reoperación		
Estancia hospitalaria (días)		

**Continúa de la Tabla 2.**

Variables	Puntuación
Grupo de edad	< 65 65-74 75-84 > 84
Género	Femenino
Estado funcional	Independiente Parcialmente dependiente Totalmente dependiente
Procedimiento de emergencia	Sí No
Clase ASA	I-IV
Tipo de herida	Limpia Limpia contaminada Contaminada Sucia-infectada
Diabetes	No Sí: medicamentos orales Sí: insulina
Hipertensión arterial	Sí requiere medicación No requiere medicación
Evento cardíaco previo	Sí No

Variables	Puntuación
Insuficiencia cardíaca congestiva dentro de los 30 días de la cirugía	Sí No
Disnea al ejercicio	No En ejercicio moderado En reposo
Uso de esteroides	Sí No
Tabaquismo en el último año	Sí
EPOC grave	Sí No
Ascitis en los 30 días previos a cirugía	Sí No
Sepsis en las 48 h de cirugía (respuesta inflamatoria sistémica, sepsis, choque séptico)	Sí No
Insuficiencia renal aguda	Sí No

- En pacientes con alto riesgo se considerará la determinación de troponinas cardíacas (cTnI y cTnT) antes de la cirugía y 48-72 h después, ya que permite evaluar el daño miocárdico clínicamente relevante.<sup>11</sup>
- Realizar el electrocardiograma de 12 derivaciones preoperatorio si hay uno o más factores de riesgo o si la cirugía *per se* implica intermedio a alto riesgo.<sup>11</sup>

4. Realizar ecocardiograma en pacientes con alto riesgo quirúrgico, porque permite evaluar la función ventricular en pacientes asintomáticos, pues la presencia de disfunción sistólica del VI, la regurgitación mitral moderada a grave y el gradiente aumentado de la presión valvular aórtica están asociadas a mayor incidencia de eventos cardíacos mayores.<sup>11</sup>
5. Las pruebas de imagen (RMN o TAC) con estrés se recomienda en pacientes con alto riesgo quirúrgico, o si presentan más de dos factores de riesgo (criterios de Lee), con una capacidad funcional baja (< 4 METS); sólo se indicarán si los resultados obtenidos en estas pruebas pueden influir en el manejo perioperatorio.<sup>11</sup>
6. Determinar la capacidad funcional en equivalentes metabólicos (MET). Esto se determinará por una prueba de esfuerzo cardiopulmonar al medir el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ). En caso de no contar con esta prueba se podría estimar (aunque no es recomendable) a partir de las actividades cotidianas que realiza el paciente (figura 1). La presencia de una capacidad funcional menor a 4 METS se asocia con un incremento de las complicaciones cardíacas posoperatorias, así como un incremento en la mortalidad en la cirugía torácica (riesgo relativo

RR: 18.7, IC95% 5.9-59).<sup>12</sup> Este riesgo tan alto no es observado en cirugías no cardíacas ni torácicas, por lo que esto demuestra que la capacidad funcional está estrechamente ligada con la función pulmonar y el porqué debería estimarse la capacidad funcional midiendo de manera objetiva ( $VO_{2max}$ ), ya que es un factor predictor independiente de supervivencia.<sup>11</sup>

Si las pruebas de valoración cardíaca son negativas a isquemia, procede la cirugía; sin embargo, si hay más de dos factores clínicos, y se han documentado datos de isquemia miocárdica, se valorará el riesgo-beneficio de la cirugía en ese momento, y se deberá iniciar el tratamiento médico óptimo, así como la revascularización coronaria si es requerida.<sup>11</sup> Las recomendaciones de tratamiento son:

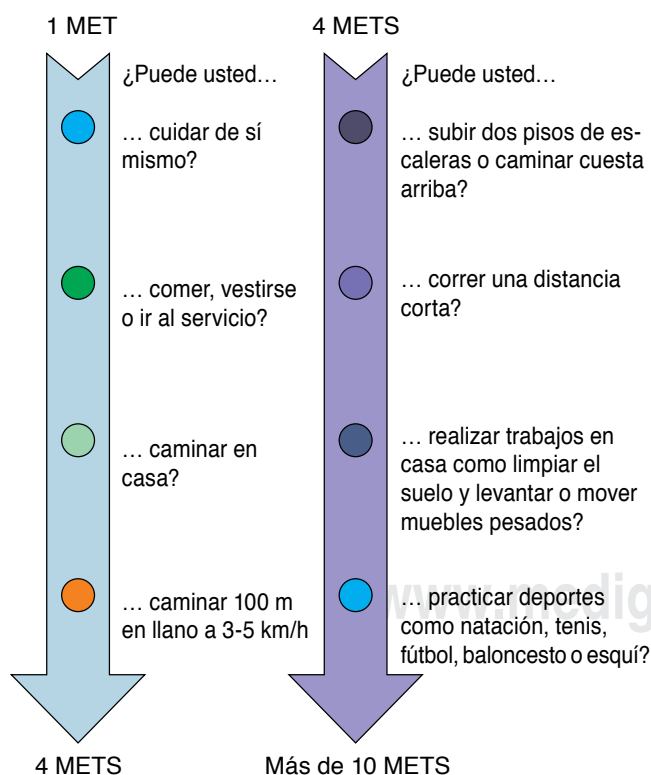
- a) Continuar con  **$\beta$ -bloqueadores** si el paciente ya los recibe o iniciarlos en los pacientes con > 2 factores de riesgo o en quienes tiene enfermedad isquémica conocida.
- b) Continuar con **estatinas** en pacientes que ya reciben este tratamiento.
- c) Continuar con **aspirina** en pacientes previamente tratados, valorando el riesgo de trombosis/sangrado.
- d) Suspender **anticoagulantes orales no inhibidores de la vitamina K**, entre 2-3 veces la vida media biológica si se considera que el sangrado será «normal» y entre 4-5 veces si hay alto riesgo de sangrado.

## EVALUACIÓN FUNCIONAL RESPIRATORIA

Todo paciente en quien se planeé una resección pulmonar, deberá ser estudiado con prueba de funcionamiento pulmonar, ya que permiten predecir el riesgo de complicaciones respiratorias y estimar adecuadamente la función pulmonar posoperatoria. Hasta el momento, no existe una sola prueba que sea confiable para predecir la probabilidad de que un paciente tolere la toracotomía y la resección pulmonar, por lo que se deberá evaluar la función pulmonar estática (espirometría y DLCO), determinar de forma cuantitativa la cantidad de función pulmonar que se perderá con la cirugía (cálculo del FEV1 y DLCO posoperatorios) y conocer la reserva fisiológica con la cuenta para la intervención (pruebas de ejercicio).<sup>13,14</sup>

### a) Espirometría:

La utilidad de esta prueba de tipo mecánico es la medición del FEV1 (volumen espirado en el 1er segundo), un parámetro independiente de morbilidad.<sup>15</sup> Se



**Figura 1.** Determinación de la capacidad funcional a partir de MET, basado en Fletcher.

ha observado en diversos estudios que un FEV1 basal mayor del 60% del predicho, se asocia a una morbilidad respiratoria del 12% contra un 43-60% con un FEV1 menor del 30% del predicho.<sup>4,16,17</sup>

Respecto a la función residual, el FEV1 posoperatorio (FEV1po) estima la función pulmonar a los tres y seis meses, así en pacientes con un FEV1po menor del 40% del predicho, la mortalidad varía del 16 al 50%, mientras que en aquellos con FEV1po menor del 30% la mortalidad es tan alta como del 60%, así como un mayor riesgo de apoyo ventilatorio mecánico. En pacientes con EPOC moderado a grave, este escenario puede ser muy distinto con la cirugía de resección pulmonar, el FEV1 podría disminuir muy poco o incluso mejorar en el posquirúrgico inmediato y mantenerse así por el efecto de «reducción de volumen pulmonar».<sup>18-20</sup> Así en EPOC, el FEV1po podría tener un papel limitado para predecir complicaciones al subestimar la pérdida de la función pulmonar.

*Actualmente con la mejoría de las técnicas quirúrgicas, se sugiere que el valor de FEV1 del 30% del predicho sea el valor de corte para definir al paciente de bajo y alto riesgo para la resección pulmonar.<sup>4</sup>*

#### b) DLCO

La medición del intercambio gaseoso mediante la difusión de CO medido en porcentaje del predicho es un predictor independiente de morbilidad posquirúrgica tanto temprano como tardío, y su valor correlaciona con la calidad de vida a largo plazo y el número de admisiones hospitalarias.<sup>4,16</sup> Así, una DLCO menor del 60% predicho, la morbilidad respiratoria es de 40% y la mortalidad es del 25%.<sup>4,16,21</sup> Por lo que todos los pacientes que vayan a ser sometidos a cirugía de resección pulmonar, independientemente del resultado de la espirometría deberían contar con una DLCO, ya que ambos evalúan aspectos diferentes de la función pulmonar. También se ha demostrado que pacientes con una espirometría normal (FEV1 mayor del 80% del predicho), en más del 40% tendrán una DLCO anormal (menor del 80% del predicho) y el 7% de éstos tendrán una DLCO posoperatorio (DLCOpo) menor del valor del corte para definir alto riesgo quirúrgico.<sup>4,16,21,22</sup>

*Así la DLCO en porcentaje del predicho es el predictor más fuerte de riesgo posquirúrgico y al igual que la espirometría un DLCOpo con valor < 30% define alto riesgo quirúrgico.<sup>4,23</sup>*

#### c) Evaluación de la función pulmonar residual:

Previo al cálculo de la función pulmonar posoperatoria, deberá identificarse el área pulmonar a resecar; conocer

el número de segmentos pulmonares que se perderán en la resección permite al clínico estimar los valores posquirúrgicos del FEV1 y DLCO.<sup>24</sup>

Esto se puede evaluar mediante la TAC de tórax, sin embargo, para conocer la contribución lobar o total del área a resecar se recomienda el escaneo cuantitativo de la perfusión-ventilación. El cálculo de la función pulmonar residual debe realizarse usando los valores absolutos y porcentajes del predicho preoperatorios de FEV1 y DLCO, usando las ecuaciones recomendadas para la población.<sup>24</sup>

- a) Método perfusorio: Este método aporta datos sobre la cantidad de V/Q que recibe cada pulmón, mide la fracción de la perfusión total a resecar, evaluando así la función pulmonar residual, y correlaciona bien con la función pulmonar posquirúrgica. Por otro lado, no todo el parénquima que se planea resecar contribuye a la función pulmonar medido por las pruebas estáticas (espirometría y DLCO), por lo que se prefiere este método cuando la resección planeada es neumonectomía.

**FEV1po = FEV1 (1-% contribución de la perfusión del pulmón reseado)**

**DLCOpo = DLCO (1-% contribución de la perfusión del pulmón reseado)**

- b) Método anatómico: Si la resección es lobectomía, se prefiere utilizar este método. No se recomienda realizar si la resección es neumonectomía, ya que este tiende a subestimar los valores del FEV1po y DLCOpo reales.

**FEV1po = FEV1 \*  $\frac{\text{\# segmentos después de la resección}}{19}$**

**DLCOpo = DLCO \*  $\frac{\text{\# segmentos después de la resección}}{19}$**

Aunque se han considerado valores corte tanto en FEV1 como para DLCO para contraindicar cierto tipo de resección (tabla 3), la evaluación de la reserva cardiopulmonar por PECP es necesaria para hacer la decisión final de operabilidad.<sup>3,25,26</sup>

#### d) Prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP)

El objetivo de esta prueba es la medición de la reserva cardiopulmonar, en vez de la reserva pulmonar sola, ya que durante el ejercicio el sistema cardiovascular y respiratorio es estresado, simulando el efecto de una cirugía pulmonar mayor, con aumento en el consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), de la producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) y del gasto



**Tabla 3.** Valores de corte de FEV1 y DLCO para contraindicar algún tipo de resección pulmonar.

	FEV1 posoperatorio	DLCO posoperatorio
Neumonectomía	< 2 L o < 60% predicho	< 60% predicho
Lobectomía	< 1.5 L	< 50% predicho
Resección en cuña o segmentectomía	< 0.6 L	< 40% predicho

cardíaco. Por lo que en esta prueba, estima la reserva fisiológica disponible para la intervención.<sup>27</sup>

El parámetro más usado y mejor validado de esta prueba es el  $VO_2$  máximo (medido de manera continua y precisa) ya que selecciona a los pacientes con alto riesgo de complicaciones y muerte, y predice la capacidad al ejercicio a largo plazo;<sup>27</sup> así un paciente con  $VO_2$ max mayor de 20 ml/kg/min o del 75% del predicho puede ir a una cirugía de resección pulmonar incluso a neumonectomía, con un riesgo bajo de morbilidad aceptable (7% de morbilidad respiratoria).<sup>4</sup> Sin embargo, un paciente con  $VO_2$ max menor de 10 ml/kg/min o menor del 40% del predicho, tendría muy alto riesgo de muerte posoperatoria o de complicaciones (13 y 90% respectivamente), por lo que este valor contraindicaría cualquier tipo de resección.<sup>28-31</sup>

*La PECP debería realizarse en pacientes de alto riesgo (función pulmonar menor del 30% del predicho) ya que un  $VO_2$ max bajo correlaciona con pobre pronóstico.<sup>4</sup>*

## DIRECTRICES DE LA EVALUACIÓN PREOPERATORIA

Hoy existen normas internacionalmente aceptadas para la valoración preoperatoria de estos pacientes, las guías ERS/ESTS (*European Respiratory Society/European Society of Thoracic Surgeons*) y ACCP (*American College of Chest Physicians*), son similares ya que usan las pruebas funcionales ya descritas y valores de corte similares para definir un paciente de alto riesgo; empero, el orden en que se realiza el abordaje es diferente:

- La guía ERS/ESTS recomienda realizar la PECP a todos los pacientes con función pulmonar basal menor del 80% del predicho (ya sea FEV1 o DLCO) y sugiere contraindicar la cirugía si el  $VO_2$ max es menor de 10 ml/kg/min (figura 2).<sup>32</sup>
- La guía ACCP clasifica a los pacientes de acuerdo con la función pulmonar residual (figura 3):<sup>4</sup>
  - Paciente de bajo riesgo: la función pulmonar es mayor del 60% del predicho.

- Paciente de alto riesgo: la función pulmonar es menor del 30% del predicho, por lo que es candidato a realizarse una PECP, y de acuerdo al  $VO_2$ max obtenido el paciente es reestratificado en riesgo.
- Con una función pulmonar entre 30-60% del predicho, se sugiere realizar pruebas de ejercicio de bajo costo (como la caminata o subir escaleras); aunque, estas pruebas no son estandarizadas y el  $VO_2$ max es calculado. Además, en caso de tener una capacidad funcional baja por estas pruebas, el paciente tendría que ser llevado a la PECP para medir con precisión el  $VO_2$ max.
- La guía no contraindica la intervención cuando el  $VO_2$ max es menor de 10 ml/kg/min; recomienda la evaluación de otras opciones de manejo, los riesgos en el posquirúrgico a largo plazo y el equipo médico junto con el paciente toman una decisión bajo una información fundamentada.

## OTROS PARÁMETROS DE LA PRUEBA CARDIOPULMONAR

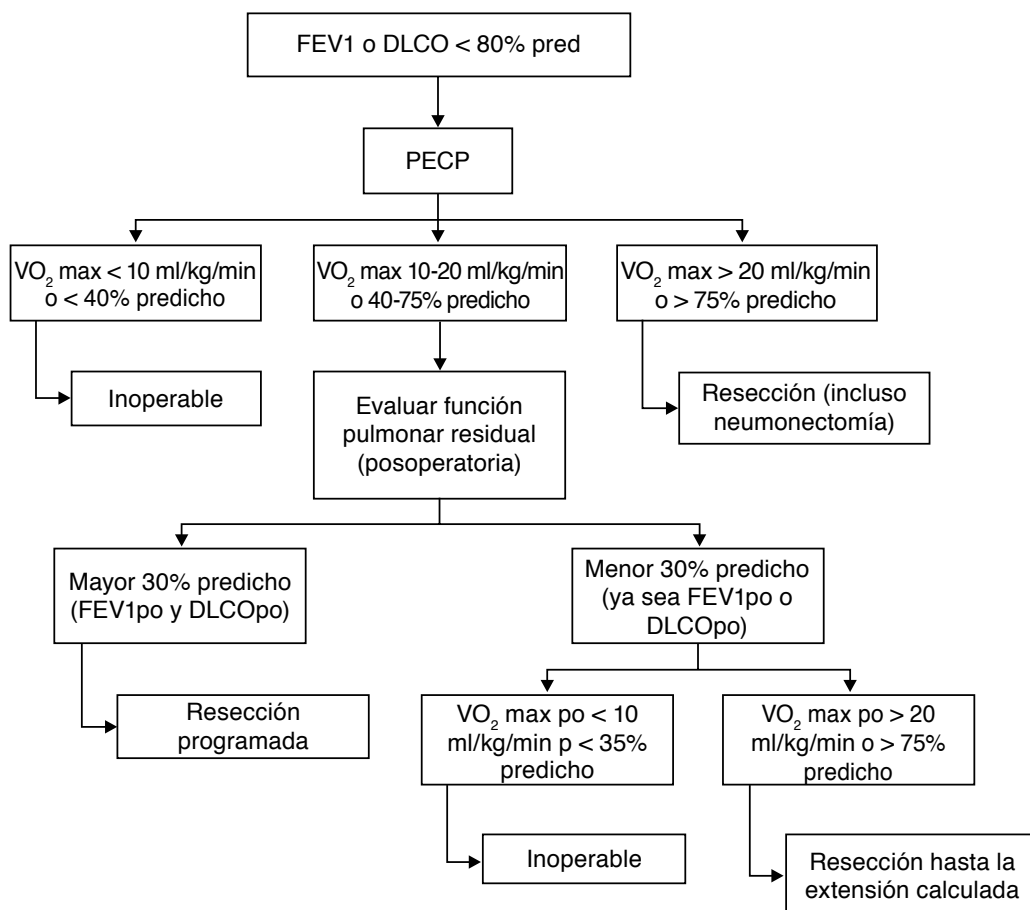
De manera reciente se han evaluado otros parámetros de la PECP que puedan ser útiles para predecir el riesgo quirúrgico en especial en aquellos pacientes con un  $VO_2$ max entre 10 y 20 ml/kg/min. El parámetro más prometedor es la pendiente de eficiencia ventilatoria ( $VE/VCO_2$ ) que describe el potencial del sistema respiratoria para eliminar el  $CO_2$  producido ( $VCO_2$ ) por el organismo, con el incremento el volumen minuto ( $VE$ ) durante el esfuerzo. Una elevación anormal de esta pendiente suele estar relacionada con enfermedad cardíaca y pulmonar. En un estudio retrospectivo en pacientes con EPOC con neumonectomía, un valor de  $VE/VCO_2 \geq 34$ , fue el único predictor de mortalidad (riesgo de 5.5%).<sup>33</sup> En otros estudios se observó que un valor de  $VE/VCO_2 > 35$  se asoció a un riesgo de complicaciones respiratorias posoperatorias tres veces mayor, así como una mayor mortalidad con independencia de la función pulmonar pre- y posoperatoria.<sup>34-36</sup> Por lo que este parámetro podría ser útil en la evaluación de pacientes con un  $VO_2$ max de 10-20 ml/kg/min (figura 4).

## CONCLUSIONES

Los principales factores de riesgo para complicaciones posoperatorias tras cirugía de resección pulmonar son la extensión de la resección, la presencia de enfermedad cardiovascular concomitante y la disminución de la reserva funcional pulmonar medida por pruebas funcionales respiratorias.

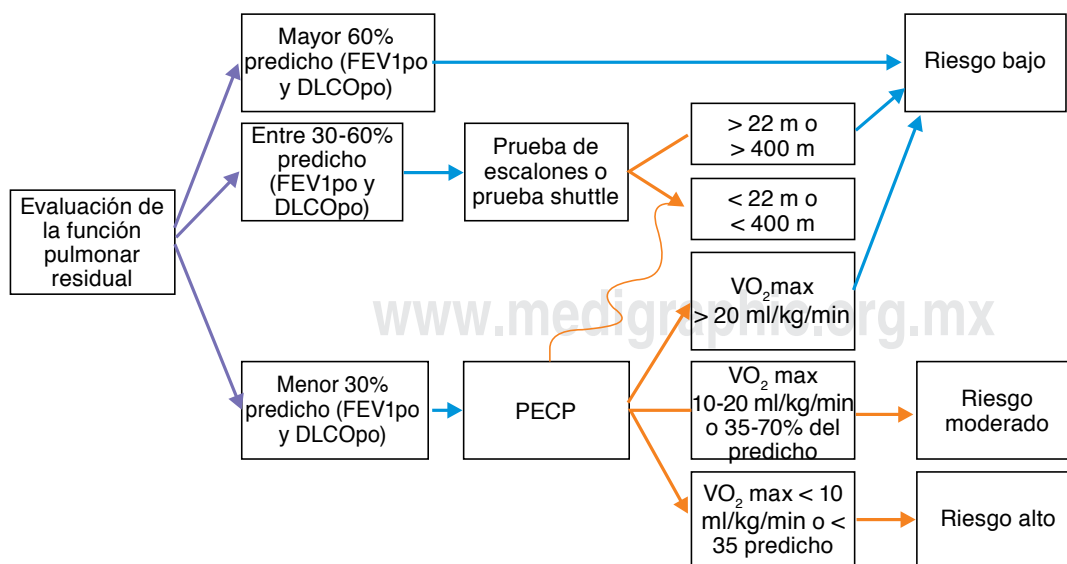
El número y la complejidad de las pruebas están determinados por la extensión de la resección y el resultado de los estudios funcionales iniciales. Idealmente todos los pacientes que vayan a ser llevados a cirugía

de resección deberían contar con espirometría y DLCO, si estas pruebas son normales ( $> 80\%$  del predicho) no se requiere mayor abordaje funcional. En caso de que exista alguna alteración en las pruebas funcionales,



**Figura 2.**

Algoritmo de valoración preoperatoria recomendada por la guía ERS/ESTE 2009.



**Figura 3.**

Algoritmo de valoración preoperatoria recomendada por la guía ACCP 2013.

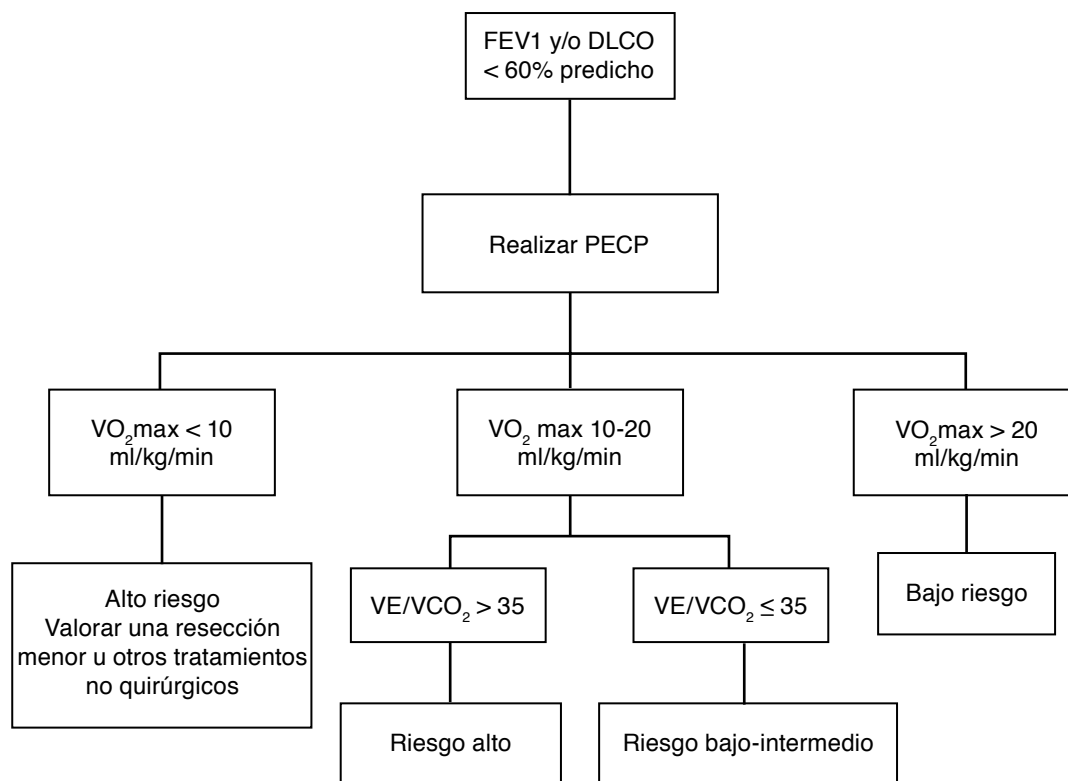


Figura 4.

Algoritmo de valoración preoperatoria recomendada por Salati.

debería realizarse la PECP para no rechazar aquellos pacientes que podrían ser beneficiados con la intervención quirúrgica.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### REFERENCIAS

1. Baquerizo MA, Muñoz CW, Barrientos CF. Resecciones pulmonares: sus indicaciones y resultados. *Rev Chil Cir* 2003;55(2):174-178.
2. Hallward GG, Keogh B. Preoperative assessment of pulmonary resection. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine* 2008;9-11.
3. Gould G, Pearce A. Assessment of suitability for lung resection. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2006;6(3):97-100.
4. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, Addrizzo-Harris DJ. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: *Diagnosis and management of lung cancer, 3rd edition: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines*. *Chest* 2013;143(5 Suppl):e166S-e190S. doi: 10.1378/chest.12-2395.
5. Rasheed SA, Govindan R. Preoperative evaluation of patients for thoracic surgery. In: Guerreiro Cardoso PF, editor. *Topics in thoracic surgery*. Croatia: InTech; 2012.p.1-14.
6. Mazzone P. Preoperative evaluation of the lung resection candidate. *Cleve Clin J Med* 2012;79 Electronic Suppl:eS17-eS22. doi: 10.3949/ccjm.79.s2.04.
7. Audisio RA, Ramesh H, Longo WE, Zbar AP, Pope D. Preoperative assessment of surgical risk in oncogeriatric patients. *Oncologist* 2005;10(4):262-268.
8. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, et al. The surgical mortality probability model: derivation and validation of a simple risk prediction rule for noncardiac surgery. *Ann Surg* 2012;255(4):696-702. doi: 10.1097/SLA.0b013e31824b45af.
9. Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation* 1999;100(10):1043-1049.
10. Gupta PK, Gupta H, Sundaram A, et al. Development and validation of a risk calculator for prediction of cardiac risk after surgery. *Circulation* 2011; 124(4):381-387. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.015701.
11. Kristensen SD, Knuuti J, Saraste A, et al.; Authors/ Task Force Members. 2014 ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management: The Joint Task Force on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur Heart J* 2014;35(35):2383-2431. doi: 10.1093/eurheartj/ehu282.



12. Biccard BM. *Relationship between the inability to climb two flights of stairs and outcome after major non-cardiac surgery: implications for the pre-operative assessment of functional capacity*. *Anaesthesia* 2005;60(6):588-593.
13. Hlatky MA, Boineau RE, Higginbotham MB, et al. *A brief self-administered questionnaire to determine functional capacity (the Duke Activity Status Index)*. *Am J Cardiol* 1989;64(10):651-654.
14. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, et al. *Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association*. *Circulation* 2001;104(14):1694-1740.
15. Ribas J, Díaz O, Barberà JA, et al. *Invasive exercise testing in the evaluation of patients at high-risk for lung resection*. *Eur Respir J* 1998;12(6):1429-1435.
16. Ferguson MK, Siddique J, Karrison T. *Modeling major lung resection outcomes using classification trees and multiple imputation techniques*. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34(5):1085-1089. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.07.037.
17. Nakahara K, Ohno K, Hashimoto J, et al. *Prediction of postoperative respiratory failure in patients undergoing lung resection for lung cancer*. *Ann Thorac Surg* 1988;46(5):549-552.
18. Bolliger CT, Jordan P, Solèr M, et al. *Pulmonary function and exercise capacity after lung resection*. *Eur Respir J* 1996;9(3):415-421.
19. Nezu K, Kushibe K, Tojo T, Takahama M, Kitamura S. *Recovery and limitation of exercise capacity after lung resection for lung cancer*. *Chest* 1998;113(6):1511-1516.
20. Brunelli A, Xiumé F, Refai M, et al. *Evaluation of expiratory volume, diffusion capacity, and exercise tolerance following major lung resection: a prospective follow-up analysis*. *Chest* 2007;131(1):141-147.
21. Ferguson MK, Dignam JJ, Siddique J, Vigneswaran WT, Celauro AD. *Diffusing capacity predicts long-term survival after lung resection for cancer*. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;41(5):e81-e86. doi: 10.1093/ejcts/ezs049.
22. Muers MF, Haward RA. *Management of lung cancer*. *Thorax* 1996;51(6): 557-560.
23. Brunelli A, Refai MA, Salati M, Sabbatini A, Morgan-Hughes NJ, Rocco G. *Carbon monoxide lung diffusion capacity improves risk stratification in patients without airflow limitation: evidence for systematic measurement before lung resection*. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;29(4):567-570.
24. Pierce RJ, Copland JM, Sharpe K, Barter CE. *Preoperative risk evaluation for lung cancer resection: predicted postoperative product as a predictor of surgical mortality*. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150(4):947-955.
25. Boushy SF, Billig DM, North LB, Helgason AH. *Clinical course related to preoperative and postoperative pulmonary function in patients with bronchogenic carcinoma*. *Chest* 1971;59(4):383-391.
26. Wernly JA, DeMeester TR, Kirchner PT, Myerowitz PD, Oxford DE, Golomb HM. *Clinical value of quantitative ventilation-perfusion lung scans in the surgical management of bronchogenic carcinoma*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980;80(4):535-543.
27. Cid-Juárez S, Miguel-Reyes JL, Cortés-Télles A, et al. *Prueba cardiopulmonar de ejercicio. Recomendaciones y procedimiento*. *Neumol Cir Torax* 2015;74(3):207-220.
28. Brunelli A, Belardinelli R, Refai M, et al. *Peak oxygen consumption during cardiopulmonary exercise test improves risk stratification in candidates to major lung resection*. *Chest* 2009;135(5):1260-1267. doi: 10.1378/chest.08-2059.
29. Bolliger CT, Jordan P, Solèr M, et al. *Exercise capacity as a predictor of postoperative complications in lung resection candidates*. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151(5):1472-1480.
30. Loewen GM, Watson D, Kohman L, et al.; Cancer and Leukemia Group B. *Preoperative exercise Vo2 measurement for lung resection candidates: results of Cancer and Leukemia Group B Protocol 9238*. *J Thorac Oncol* 2007;2(7):619-625.
31. Bayram AS, Candan T, Gebitekin C. *Preoperative maximal exercise oxygen consumption test predicts postoperative pulmonary morbidity following major lung resection*. *Respirology* 2007;12(4):505-510.
32. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, et al.; European Respiratory Society; European Society of Thoracic Surgeons Joint Task Force on Fitness For Radical Therapy. *The European Respiratory Society and European Society of Thoracic Surgeons clinical guidelines for evaluating fitness for radical treatment (surgery and chemoradiotherapy) in patients with lung cancer*. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;36(1):181-184. doi: 10.1016/j.ejcts.2009.04.022.
33. Torchio R, Guglielmo M, Giardino R, et al. *Exercise ventilatory inefficiency and mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease undergoing surgery for non small-cell lung cancer*. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;38(1):14-19. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.032.
34. Brunelli A, Belardinelli R, Pompili C, et al. *Minute ventilation-to-carbon dioxide output (VE/VCO2) slope is the strongest predictor of respiratory complications and death after pulmonary resection*. *Ann Thorac Surg* 2012;93(6):1802-1806. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.03.022.
35. Shafiek H, Valera JL, Togores B, Torrecilla JA, Sauleda J, Cosío BG. *Risk of postoperative complications in chronic obstructive lung disease patients considered fit for lung surgery: beyond oxygen consumption*. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;50(4):772-779.
36. Salati M, Brunelli A. *Risk stratification in lung resection*. *Curr Surg Rep* 2016;4(11):37.