Revista SOCAMPAR

ORIGINAL

Indicaciones y aplicación preoperatoria de la prueba de esfuerzo cardiopulmonar en un hospital terciario. Cohorte retrospectiva de 156 pruebas

Indications and preoperative application of cardiopulmonary exercise test in a tertiary hospital. A retrospective cohort of 156 tests

Autores: Axel Urzainqui Milla[1], Nuria Gutiérrez González[2], Rosa Estefanía Mínguez Alcalá[2], M Josefa Tejada García[2], Nazaret Mena Hortelano[2], Asunción Lucas Cerro[2], Godoy R[2]

[1] Facultad de Medicina, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España.
[2] Servicio de Neumología, Hospital General Universitario de Albacete, Albacete, España.
Autor para correspondencia: Raúl Godoy. Raulgodoy.japones@gmail.com

Resumen:

Objetivo: Describir las indicaciones de la prueba de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica de un hospital terciario y explorar, en candidatos a resección pulmonar, la relación entre la estratificación funcional, la decisión quirúrgica y los resultados postoperatorios.

Material y métodos: Estudio observacional retrospectivo de las pruebas realizadas en cicloergómetro entre febrero de 2021 y octubre de 2025. Se incluyeron registros de adultos con indicación y consumo de oxígeno pico (VO_2 pico) disponibles. El riesgo preoperatorio se clasificó con VO_2 pico, porcentaje predicho y VO_2 pico postoperatorio predicho. Se emplearon estadística descriptiva, chi cuadrado y prueba exacta de Fisher.

Resultados: Se analizaron 156 pruebas. La evaluación preoperatoria fue la indicación principal (95; 60,9%), seguida de la disnea de esfuerzo (27; 17,3%). El VO_2 pico medio fue 16,7 ± 6,1 mL/kg/min. En el subgrupo preoperatorio, 32 pruebas se clasificaron como riesgo alto, 35 como intermedio y 28 como bajo. La cirugía se realizó en 7/31 (22,6%), 23/34 (67,6%) y 25/28 (89,3%) de los casos con decisión disponible, respectivamente ($p < 0,001$). Hubo complicaciones registradas en 21/55 pacientes operados (38,2%), sin diferencias estadísticamente significativas entre categorías ($p = 1,000$), y no hubo mortalidad a 30 días.

Conclusiones: La evaluación preoperatoria fue la indicación más frecuente en nuestro medio y concentró seis de cada diez pruebas y la categoría funcional se asoció estrechamente con la realización de cirugía. La muestra no permite demostrar diferencias en complicaciones postoperatorias en función del riesgo quirúrgico establecido. La estratificación del mismo mediante CPET debe integrarse en una valoración multidimensional y no utilizarse como criterio aislado.

Palabras clave: prueba de esfuerzo cardiopulmonar; consumo de oxígeno; disnea; evaluación preoperatoria; neoplasias pulmonares; complicaciones postoperatorias.

Resume:

Objective: To describe the indications for cardiopulmonary exercise testing in the clinical practice of a tertiary hospital and to explore, among candidates for lung resection, the association between functional risk stratification, the surgical decision, and postoperative outcomes.

Material and methods: Retrospective observational study of cycle-ergometer tests performed from February 2021 through October 2025. Adult records with an available indication and peak oxygen uptake (peak VO_2) were included. Preoperative risk was classified using peak VO_2, percentage of predicted peak VO_2, and predicted postoperative peak VO_2. Descriptive statistics, chi-square tests, and Fisher's exact tests were used.

Results: A total of 156 tests were analyzed. Preoperative assessment was the leading indication (95; 60.9%), followed by exertional dyspnoea (27; 17.3%). Mean peak VO_2 was 16.7 ± 6.1 mL/kg/min. In the preoperative subgroup, 32 tests were classified as high risk, 35 as intermediate risk, and 28 as low risk. Surgery was performed in 7/31 (22.6%), 23/34 (67.6%), and 25/28 (89.3%) cases with an available decision, respectively ($p < 0.001$). Complications were recorded in 21/55 operated patients (38.2%), with no statistically significant differences across risk categories ($p = 1.000$), and no 30-day deaths occurred.

Conclusions: Preoperative evaluation was the most common indication in our setting [Preoperative assessment accounted for six of every ten tests], and functional risk category was strongly associated with undergoing surgery. The sample did not demonstrate differences in postoperative complications complications based on the established surgical risk. Risk stratification using CPET should be integrated into a multidimensional assessment rather than used as a stand-alone criterion.

Keywords: cardiopulmonary exercise testing; oxygen consumption; dyspnea; preoperative evaluation; lung neoplasms; postoperative complications.

Introducción:

La prueba de esfuerzo cardiopulmonar (cardiopulmonary exercise test, CPET) integra la respuesta ventilatoria, cardiovascular y metabólica durante un ejercicio incremental. El VO_2 pico cuantifica de forma directa la capacidad funcional, mientras que la reserva ventilatoria, el pulso de oxígeno, el umbral ventilatorio y la relación ventilación-producción de dióxido de carbono (VE/VCO2) ayudan a identificar el mecanismo limitante. La estandarización del protocolo y de la interpretación es esencial para que estos resultados sean reproducibles.[1,2]

En Neumología, la CPET resulta especialmente útil cuando la disnea o la intolerancia al ejercicio no quedan explicadas por las pruebas realizadas en reposo. Permite reconocer patrones compatibles con limitación ventilatoria, alteración del intercambio gaseoso, disfunción cardiocirculatoria, desacondicionamiento físico o una combinación de distintos mecanismos.[3,4]

Otra indicación consolidada es la valoración funcional antes de una resección pulmonar. Las guías ERS/ESTS y ACCP han empleado el VO_2 pico para graduar el riesgo: valores superiores a 20 mL/kg/min o al 75% del predicho se consideran de bajo riesgo, y valores inferiores a 10 mL/kg/min o al 35% del predicho identifican un riesgo elevado. En el intervalo intermedio, la estimación postoperatoria de la función pulmonar y del VO_2, junto con otros parámetros, ayuda a individualizar la decisión.[5,6]

La pendiente VE/VCO_2 puede aportar información pronóstica adicional, aunque los puntos de corte y su capacidad discriminativa varían entre estudios.[7-9] El objetivo principal fue describir las indicaciones reales de la CPET en un hospital terciario. Como objetivos secundarios se evaluaron la distribución del riesgo funcional preoperatorio, su relación con la realización de la cirugía y los resultados a 30 días.

Material y métodos

Diseño y ámbito

Estudio observacional, unicéntrico y retrospectivo basado en el registro consecutivo de CPET de la Unidad de Función Pulmonar del Hospital General Universitario de Albacete. Se revisaron las pruebas efectuadas entre el 11 de febrero de 2021 y el 16 de octubre de 2025. La redacción siguió las recomendaciones STROBE.[10]

Población

Se consideraron elegibles las pruebas de pacientes de 18 años o más realizadas en cicloergómetro con registro de la indicación y de VO_2 pico. Se excluyeron los estudios sin un VO_2 pico interpretable. De 157 registros con contenido clínico se excluyó uno por ausencia de VO_2 pico, por lo que la cohorte analítica quedó formada por 156 pruebas. La base anonimizada no contenía un identificador longitudinal que permitiera descartar con certeza pruebas repetidas; por ello, la unidad de análisis fue la prueba y no el paciente único.

Procedimiento y variables

La CPET se realizó en cicloergómetro con análisis de gases respiración a respiración, monitorización electrocardiográfica, presión arterial y pulsioximetría. El protocolo incluyó aproximadamente tres minutos de reposo, tres minutos de calentamiento sin carga, una fase de ejercicio incremental individualizada de 8-10 minutos y al menos dos minutos de recuperación. Se solicitó mantener 55-65 revoluciones por minute. La prueba fue finalizada a petición del paciente por síntomas limitantes o por criterio clínico.

Se analizaron edad, sexo, tabaquismo, procedencia, función pulmonar basal, VO_2 pico absoluto y porcentual, cociente de intercambio respiratorio (RER), pendiente VE/VCO_2 y, en los candidatos a cirugía, FEV_1, DLCO y VO_2 postoperatorios predichos, realización y tipo de cirugía, complicaciones y mortalidad a 30 días. Las indicaciones se agruparon conforme al diccionario interno: evaluación preoperatoria, disnea, hipertensión pulmonar, valoración deportiva, síndrome post-COVID, tromboembolia pulmonar, cardiopatía isquémica y sarcoidosis.

Clasificación del riesgo preoperatorio

Se clasificó inicialmente como riesgo alto un VO_2 pico <10 mL/kg/min o <35% del predicho, y como bajo riesgo un VO_2 pico >20 mL/kg/min o >75% del predicho. Los demás casos se consideraron intermedios; dentro de este grupo se reclasificaron como altos cuando el VO_2 postoperatorio predicho (VO_2ppo) fue <10 mL/kg/min o <35%. Esta regla reproduce los umbrales históricos aplicados durante el periodo del estudio.[5,6]

Análisis estadístico

Las variables continuas se describieron mediante media y desviación estándar y las categóricas mediante frecuencia y porcentaje. Se realizó un análisis por casos completos, sin imputación. La asociación entre la categoría de riesgo y la cirugía se evaluó con chi cuadrado. Para las complicaciones se utilizó la prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton, debido a frecuencias esperadas pequeñas. En la comparación dicotómica de riesgo alto frente a no alto se usó la prueba exacta de Fisher y se estimó la odds ratio con intervalo de confianza del 95%. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$. Dos valores antropométricos imposibles (talla de 2 cm y peso de 742 kg) se identificaron en la revisión de calidad y no se emplearon en los análisis ni en la caracterización clínica.

Consideraciones éticas

El análisis se realizó sobre una copia anonimizada, sin nombres, números de historia clínica ni otros identificadores directos. El protocolo estableció la solicitud de evaluación por el Comité de Ética de la Investigación con medicamentos y de exención del consentimiento individual por tratarse de una revisión retrospectiva de riesgo mínimo.

Resultados

Características de la cohorte

La cohorte incluyó 156 pruebas, correspondientes en un 72,4% a varones, con una edad media de 62,9 ± 12,4 años. Neumología solicitó 102 estudios (65,4%) y Cirugía Torácica 42 (26,9%). Entre los 153 registros con tabaquismo disponible, 52 (34,0%) correspondieron a fumadores activos, 58 (37,9%) a exfumadores y 43 (28,1%) a nunca fumadores. Las principales variables funcionales se resumen en la tabla 1. El RER medio fue 1,20 ± 0,12 y 129 pruebas (82,7%) alcanzaron un RER ≥1,10.

La evaluación preoperatoria fue la indicación más frecuente, con 95 pruebas (60,9%), seguida de la disnea de esfuerzo, con 27 (17,3%). Las demás indicaciones representaron conjuntamente 34 pruebas (21,8%), como se muestra en la figura 1.

Tabla 1. Características demográficas y funcionales de la cohort

Variable	Cohorte total (n = 156)	Evaluación preoperatoria (n = 95)
Edad, años	62,9 ± 12,4	67,9 ± 8,5
Varones, n (%)	113 (72,4)	80 (84,2)
Fumador activo, n/N (%)	52/153 (34,0)	50/93 (53,8)
Exfumador, n/N (%)	58/153 (37,9)	37/93 (39,8)
FEV_1, % del predicho	75,8 ± 21,6	65,7 ± 16,2
DLCO, % del predicho	69,7 ± 20,4 (n = 144)	64,2 ± 18,6 (n = 94)
VO_2 pico, mL/kg/min	16,7 ± 6,1	15,1 ± 4,5
VO_2 pico, % del predicho	70,5 ± 17,2	66,2 ± 15,7
Pendiente VE/VCO_2	34,8 ± 9,4 (n = 153)	35,0 ± 7,5 (n = 92)
RER pico	1,20 ± 0,12	1,17 ± 0,11
VO_2ppo, mL/kg/min	No aplicable	11,9 ± 3,5 (n = 87)
VO_2ppo, % del predicho	No aplicable	51,9 ± 12,4 (n = 87)

Datos expresados como media ± desviación estándar, salvo indicación contraria. DLCO: capacidad de difusión de monóxido de carbono; FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; RER: cociente de intercambio respiratorio; VE/VCO_2: relación entre ventilación minuto y producción de dióxido de carbono; VO_2ppo: consumo de oxígeno pico postoperatorio predicho.

Subgrupo preoperatorio y decisión quirúrgica

De las 95 pruebas preoperatorias, 32 (33,7%) se clasificaron como riesgo alto, 35 (36,8%) como intermedio y 28 (29,5%) como bajo. El VO_2ppo estuvo disponible en 87 casos (91,6%). La decisión quirúrgica constaba en 93 registros: se operaron 55 (59,1%) y no se operaron 38 (40,9%). La proporción intervenida aumentó progresivamente desde el 22,6% en riesgo alto hasta el 89,3% en riesgo bajo (tabla 2 y figura 2; $\chi^2 = 28,69$; p <0,001). Frente a las categorías no altas, el riesgo alto se asoció con menor probabilidad de cirugía (odds ratio 0,09; IC95% 0,03-0,24; p <0,001).

Entre los 55 pacientes operados se realizaron 28 lobectomías (50,9%), 13 resecciones atípicas (23,6%), siete neumonectomías (12,7%), cuatro bilobectomías (7,3%) y tres segmentectomías (5,5%). Se registraron complicaciones en 21 casos (38,2%) y no se documentaron fallecimientos a 30 días. La frecuencia de complicaciones fue del 42,9%, 39,1% y 36,0% en los grupos de riesgo alto, intermedio y bajo, respectivamente, sin evidencia de asociación (p = 1,000). Una pendiente VE/VCO_2 >35 se asoció con una mayor proporción numérica de complicaciones que una pendiente ≤35 (53,3% frente a 32,5%), pero la diferencia no alcanzó significación (odds ratio 2,37; IC95% 0,71-7,97; p = 0,215).

Tabla 2. Decisión quirúrgica y complicaciones según el riesgo functional

Riesgo	Pruebas n (%)	Cirugía n/N (%)	Complicación n/N (%)	Mortalidad 30 días n/N (%)
Alto	32 (33,7)	7/31 (22,6)	3/7 (42,9)	0/7 (0)
Intermedio	35 (36,8)	23/34 (67,6)	9/23 (39,1)	0/23 (0)
Bajo	28 (29,5)	25/28 (89,3)	9/25 (36,0)	0/25 (0)
Total	95 (100)	55/93 (59,1)	21/55 (38,2)	0/55 (0)

N representa el número de registros con el desenlace disponible. Faltaban dos decisiones quirúrgicas. La comparación global entre categorías fue significativa para realización de cirugía (p <0,001) y no significativa para complicaciones (p = 1,000; prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton).

Discusión

Este estudio describe la implantación real de la CPET durante los primeros cuatro años y ocho meses de actividad de una unidad hospitalaria. La principal observación fue el predominio de la evaluación preoperatoria, que representó el 60,9% de las pruebas. La disnea de esfuerzo fue la segunda indicación y refleja el uso de la técnica para caracterizar síntomas que no se explican con estudios realizados en reposo.[3,4]

En los candidatos a resección, la capacidad de ejercicio estaba globalmente reducida: el VO_2 pico medio fue 15,1 mL/kg/min y, aproximadamente, siete de cada diez

pruebas quedaron en las categorías intermedia o alta después de integrar el VO_2 postoperatorio predicho. La estrecha relación gradual entre el riesgo funcional y la decisión de operar es coherente con los algoritmos ERS/ESTS y ACCP vigentes durante el periodo analizado.[5,6] El resultado no demuestra causalidad: la decisión final también depende de extensión tumoral, comorbilidad, técnica quirúrgica, alternativas oncológicas y preferencias del paciente. La actualización ERS/ESTS de 2025 insiste precisamente en una evaluación multidimensional y en evitar que un único umbral actúe como criterio excluyente.[11]

La frecuencia de complicaciones registrada fue del 38,2%, sin gradiente significativo entre las tres categorías. Este resultado puede reflejar selección clínica: los pocos pacientes de riesgo alto que llegaron a cirugía probablemente fueron cuidadosamente escogidos o sometidos a procedimientos adaptados. También puede deberse a falta de potencia, heterogeneidad en la definición de complicación y ausencia de ajuste por tipo de resección. Por tanto, la falta de asociación no equivale a demostrar que el riesgo funcional carezca de valor pronóstico.

La pendiente VE/VCO_2 >35 mostró una señal numérica hacia más complicaciones, aunque con un intervalo de confianza amplio. Estudios prospectivos y cohortes de cirugía toracoscópica han relacionado una ventilación ineficiente con complicaciones cardiopulmonares, y análisis recientes proponen dos umbrales para separar grupos de bajo y alto riesgo.[7-9] Nuestros datos son compatibles con esa dirección, pero no permiten confirmarla.

Entre las fortalezas destacan el registro consecutivo desde el inicio de la actividad, el detalle de las variables de CPET y la disponibilidad de desenlaces quirúrgicos en todos los pacientes operados. Las limitaciones principales son el diseño retrospectivo y unicéntrico, la posible existencia de pruebas repetidas no identificables, los datos ausentes, dos errores antropométricos manifiestos y la codificación clínica no validada externamente. La variable de complicación no permitió reconstruir con seguridad un desenlace compuesto uniforme de eventos mayores a 30 días. El reducido número de operados, sobre todo en el grupo de riesgo alto, produjo estimaciones imprecisas y desaconsejó modelos multivariables.

Estos hallazgos apoyan mantener la CPET dentro del circuito preoperatorio y mejorar el registro prospectivo. Un diccionario cerrado, identificador longitudinal pseudonimizado, definición normalizada de complicaciones, fecha exacta de cada evento y registro de la vía quirúrgica permitirían evaluar calibración, discriminación y valor incremental de VO_2 pico, VO_2ppo y VE/VCO_2 en una cohorte futura.

Conclusión

En esta serie de 156 CPET realizadas, la evaluación preoperatoria fue la indicación dominante y la categoría funcional mostró una asociación fuerte y gradual con la realización de cirugía. No se observaron fallecimientos a 30 días y no se demostraron diferencias en complicaciones posoperatorias entre categorías; estas estimaciones están limitadas por el pequeño número de pacientes operados, especialmente en el grupo de riesgo alto. La estratificación mediante CPET debe integrarse con la función pulmonar prevista, la comorbilidad, la extensión de la resección y la valoración multidisciplinar.

Bibliografía:

1. Stanopoulos I, Beamis J, Martínez F, Vergos K, Shapshay S. Laser bronchoscopiy in respiratory failure from malignant airway obstruction. Critical Care Medicine, 1993 21 (3): 386-391.
2. Martinez Y, Rodríguez de Guzman, Lucero S, Puente L. Broncoscopias urgentes Rev Patol Respir. 2009; 12(1): 9-14.
3. Cavaliere S, Venuta F, Foccoli P, Toninelli C, La Face B. Endoscopic Treatment of Malignant Airway Obstructions in 2,008 Patients. Chest. 1996; 110 (6): 1536-1542.
4. Colt HG, Harrell JH. Therapeutic Rigid Bronchoscopy Allows Level of Care Changes in Patients with Acute Respiratory Failure from Central Airways Obstruction. Chest 1997; 112: 202-206.
5. Kyeongman J, Hojoong K, Chang-Min Y, Won-Jung K, Gee Young S, Man Pyo C, O Jung K. Rigid Bronchoscopic Intervention in Patients with Respiratory Failure Caused by Malignant Central Airway Obstruction. J Thorac Oncol. 2006; 1:319-323.
6. Beamis JF, Becker HD, Cavaliere S, Colt H, Diaz-Jimenez JP, Dumon JF, et al. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. European Respiratory Journal 2002; 19: 356-373; DOI: 10.1183/09031936.02.00204602.
7. Wood E. Management of malignant tracheobronchial obstruction. Surg Clin North Am. 2002; 82(3):621-42.
8. McGrath E, Warriner D, Anderson P. Implantación de prótesis metálicas autoexpansibles con broncoscopia flexible bajo sedación para estenosis traqueobronquiales malignas: análisis retrospectivo de un solo centro. Arch Bronconeumol. 2012; 48(2):43–48.
9. Han X, Al-Tariq Q, Zhao Y, Li L, Cheng Z, Wang H, Liu C, Jiao D, Wu G. Customized hinged covered metallic stents for the treatment of benign Main bronchial stenosis. Ann Thorac Surg. 2017; 104:420–425.
10. Lunn W, Feller-Kopman D, Wahidi M, Ashiku S, Thurer R, Ernst A. Endoscopic removal of metallic airway stents. Chest. 2005; 127: 2106-2112.