



Original

La prueba de escaleras limitada por altura podría sustituir a la prueba estándar en la evaluación funcional previa a la resección pulmonar. Estudio piloto



Nuria M. Novoa*, María Rodríguez, M. Teresa Gómez, Marcelo F. Jiménez y Gonzalo Varela

Servicio de Cirugía Torácica, Complejo Asistencial Universitario de Salamanca, Salamanca, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 14 de julio de 2014

Aceptado el 15 de septiembre de 2014

On-line el 13 de noviembre de 2014

Palabras clave:

Evaluación preoperatoria

Prueba de subir escaleras

Resección pulmonar

Capacidad de ejercicio

R E S U M E N

Introducción: El objetivo de este estudio es conocer si en una prueba de subir escaleras en la que solo se asciende una altura fija de 12 m se desarrolla una potencia similar a la de la prueba estándar, lo que significaría que ambas son equivalentes.

Método: Estudio prospectivo, observacional de medidas repetidas en 33 pacientes consecutivos valorados para resección pulmonar. Prueba estándar: límite de 27 m de altura; prueba altura fija: 12 m. Se monitorizaron saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca al inicio y al final del ejercicio y se midió el tiempo de esfuerzo. La potencia desarrollada en cada prueba se calculó (Watt1: estándar y Watt2: altura fija) mediante: Potencia (Watt) = peso (kg) * 9,8 * altura (m) / tiempo (seg). Para evaluar la equivalencia entre potencias, se construyó un modelo de regresión lineal y se contrastaron gráficamente los residuos. Los valores de las potencias se analizaron mediante el método de Bland y Altman.

Resultados: Veintiún varones y 12 mujeres realizaron ambas pruebas. Edad media $63,2 \pm 11,2$. Solo 12 pacientes terminaron la prueba estándar. Todos acabaron la prueba de 12 m. Los valores de potencia alcanzados fueron Watt1: $184,1 \pm 65$ y Watt2: $214,5 \pm 75,1$. En la regresión lineal, R^2 fue 0,67. No se encontró ningún sesgo en la distribución gráfica de los residuos. El análisis de Bland y Altman mostró que 32 de los 33 valores de potencia estaban dentro de las 2 desviaciones estándar de las diferencias entre métodos.

Conclusión: Los resultados muestran un nivel razonable de concordancia entre ambas pruebas de subir escaleras por lo que la prueba corta podría sustituir a la estándar.

© 2014 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Fixed-Altitude Stair-Climbing Test Replacing the Conventional Symptom-Limited Test. A Pilot Study

A B S T R A C T

Introduction: The objective of this study was to investigate whether a patient's maximum capacity is comparable in 2 different stair-climbing tests, allowing the simplest to be used in clinical practice.

Method: Prospective, observational study of repeated measures on 33 consecutive patients scheduled for lung resection. Stair-climbing tests were: the standard test (climb to 27 m) and the alternative fixed-altitude test (climb to 12 m). In both cases, heart rate and oxygen saturation were monitored before and after the test. The power output of stair-climbing for each test (Watt1 for the standard and Watt2 for the fixed-altitude test) was calculated using the following equation: Power (watt) = weight (kg) * 9.8 * height (m) / time (sec). Concordance between tests was evaluated using a regression model and the residuals were plotted against Watt1. Finally, power output values were analyzed using a Bland-Altman plot.

Results: Twenty-one male and 12 female patients (mean age 63.2 ± 11.2) completed both tests. Only 12 patients finished the standard test, while all finished the fixed-altitude test. Mean power output values were Watt1: 184.1 ± 65 and Watt2: 214.5 ± 75.1 . The coefficient of determination (R^2) in the linear regression was 0.67. No fixed bias was detected after plotting the residuals. The Bland-Altman plot showed that 32 out of 33 values were within 2 standard deviations of the differences between methods.

Keywords:

Preoperative evaluation

Stair-climbing test

Lung resection

Exercise capacity

* Autora para correspondencia.

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

Conclusions: The results of this study show a reasonable level of concordance between both stair-climbing tests. The standard test can be replaced by the fixed-altitude test up to 12 m.

© 2014 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Los modelos predictivos permiten clasificar a los pacientes de acuerdo a su riesgo quirúrgico en resección pulmonar. Si el riesgo se considera excesivo, se recomienda un tratamiento no quirúrgico de la neoplasia. Existe un acuerdo unánime en que la prueba más sensible y específica para predecir este riesgo es la medición del consumo de oxígeno (VO_2) en el laboratorio de función pulmonar mediante una prueba de ejercicio cardiorrespiratorio (CPET)¹. Sin embargo, esta prueba no está disponible en todos los centros y allí donde sí lo está, dependiendo del grado de disponibilidad y de otras circunstancias, puede que un número no despreciable de pacientes que lo precisen, finalmente, no puedan ser evaluados mediante esta prueba².

Desde la publicación de la guía de práctica clínica de la European Respiratory Society y la European Society of Thoracic Surgeons (ERS/ESTS) en 2009³ se recomienda realizar una prueba de cribado de baja tecnología previa a la indicación de realizar una CPET^{1,3} que permita detectar a aquellos pacientes con un nivel de VO_2 elevado pese a tener unas pruebas de función pulmonar alteradas. La prueba de subir escaleras limitada por síntomas es una de las 2 recomendadas^{1,3}. Esta prueba no está exenta de problemas; por ello, la posibilidad de contar con una alternativa de bajo coste y baja tecnología –comparada con la CPET– y más estandarizable y segura que la prueba de subir al menos 22 m para el enfermo puede ser interesante.

Se ha demostrado que aquellos pacientes que no pueden alcanzar los 22 m en la prueba de escaleras estándar⁴ tienen una probabilidad de complicaciones posquirúrgicas cardiorrespiratorias (CCR) más elevada ya que se trata de enfermos con un desacondicionamiento de sus sistemas cardiorrespiratorio, vascular y muscular⁵.

En los últimos años, 2 grupos de investigadores han publicado una variación de la prueba de escaleras limitada por síntomas^{6–8}. Ambrozín et al.⁸ han denominado a esta variación: prueba de subir escaleras de altura fija. Ambos grupos animan al paciente a subir una altura fija –de 12,6 o 20 m– menor que en la prueba limitada por síntomas, siempre a la máxima velocidad posible. La variación está en que lo que se mide es el tiempo^{6,8} que tarda o la velocidad^{7,9} que desarrolla el paciente al subir esa altura. Ambos grupos encuentran una relación significativa entre los parámetros medidos y la ocurrencia de CCR⁸ y también con el VO_2 del paciente^{7,9}. Sin embargo, ninguno de estos trabajos analiza la posible relación de estas variaciones de la prueba de subir escaleras con la prueba descrita por Brunelli et al.⁴ y recomendada en la últimas 2 guías de práctica clínica publicadas^{1,3}.

El objetivo de este trabajo es conocer si en una variante de la prueba de subir escaleras limitada por síntomas, en la que el paciente es invitado a subir hasta una altura fija de 12 m a la máxima velocidad que le sea posible, se desarrolla una potencia similar a la que se alcanza en la prueba de subir escaleras limitada por síntomas de al menos 22 m lo que significaría que ambas pruebas son equivalentes. Si esto es así, la prueba corta podría sustituir a la estándar aceptada en las guías de práctica clínica.

Método

Se trata de un estudio prospectivo observacional de medidas repetidas para el mismo paciente desarrollado a lo largo del mes de marzo de 2014.

Población de estudio

Hemos incluido a 33 pacientes consecutivos que fueron remitidos a la consulta de cirugía torácica por cualquier diagnóstico para valoración de resección pulmonar. Todos los pacientes cumplían los criterios de operabilidad mínimos publicados previamente¹⁰, aceptaron someterse a la intervención pulmonar propuesta y carecían de limitaciones para subir escaleras por motivos articulares o por la presencia de comorbilidad no estable. La inclusión en el estudio de pacientes con cardiopatía isquémica quedó condicionada a la existencia de una revascularización coronaria previa o a la evidencia de buena capacidad funcional, demostrada por ergometría o exploración equivalente.

Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado y el estudio fue autorizado por el comité local de ética.

Pruebas de esfuerzo

Todos los pacientes realizaron las 2 pruebas de subir escaleras en el centro hospitalario, en la misma escalera y acompañados por el mismo equipo de facultativos. Las 2 personas que acompañaban al paciente monitorizaron sus constantes, realizaron las mediciones correspondientes, y estaban preparadas para suspender la prueba, si la situación del paciente lo aconsejaba, y para prestar ayuda médica si se requería.

Se realizaron mediciones de la altura de los escalones a diversos niveles para conocer cuál era la altura real de cada tramo de escalera y conocer con exactitud la altura en la que el paciente finalizaba la prueba larga y el escalón donde se alcanzaban los 12 m a partir de un punto de partida fijo.

Las 2 pruebas se realizaron en un intervalo de tiempo máximo de 3 sem. Como norma, la prueba de subir escaleras limitada por síntomas se realizó el día de la valoración en consulta externa, mientras que la prueba de altura fija se realizó el día del ingreso previo a la intervención. Todos los pacientes fueron pesados antes de la realización de la segunda prueba para comprobar que no había modificaciones en su peso entre ambos test.

Antes de subir las escaleras el paciente realizó un calentamiento de miembros inferiores de entre 3 y 5 min de duración en bicicleta ergométrica sin carga.

Los 2 tipos de pruebas finalizaban cuando el paciente se detenía en cualquier punto del recorrido, el médico que acompañaba al paciente suspendía el ejercicio por la aparición de signos de alarma o cuando se alcanzaba la altura estipulada de 12 o 27 m.

La prueba estándar⁴ consistió en subir hasta 27 m (8 pisos de altura), a un ritmo constante, en lo posible, y sin agarrarse a la barandilla, excepto en caso de inestabilidad. En la prueba de altura se solicitó al paciente que ascendiera 12 m a la mayor velocidad posible. En ambas pruebas los pacientes fueron animados por el personal que les acompañaba a mantener el esfuerzo.

Variables recogidas

Se registraron variables demográficas de los pacientes: edad, sexo, peso, talla y estudios de función pulmonar (FVC%, FEV1%, FEV1%/FVC y DLCO%).

Durante las pruebas de esfuerzo se registraron los siguientes parámetros: frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno inmediatamente antes de iniciar el ascenso y al terminar la prueba; altura

Tabla 1
Datos demográficos de la población de pacientes

Variable	Media (DE)
Edad	63,2 (11,2)
IMC	27,2 (5,8)
FEV1	86,2 (4,5)
FEV1%/FVC	0,68 (0,12)
DLCO ajustada por Hg	77,6 (3,9)

IMC: índice de masa corporal.

exacta ascendida; tiempo empleado en la subida y razón por la que no completaba la prueba: disnea, claudicación de las extremidades inferiores, angina, mareo, dolor articular u otros problemas.

A partir de estos datos se calcularon la velocidad de ascenso y la potencia desarrollada en cada esfuerzo. Para esto último se empleó la fórmula: Potencia (Watt) = peso (kg) * 9,8 * altura ascendida (m)/tiempo empleado (seg).

Análisis estadístico

Para conocer la posible existencia de una relación lineal entre los valores de potencia alcanzados en cada prueba se desarrolló primero una regresión lineal donde la potencia alcanzada durante la prueba de subir escaleras de 12 m (Watt2) se consideró la variable dependiente y la potencia alcanzada en la prueba de 27 m (Watt1) la independiente. Para detectar la posible existencia de un sesgo fijo en la medición de las potencias se elaboró un gráfico de los valores de los residuos de dicha regresión frente al valor de Watt1. Y finalmente se diseñó un gráfico según el método de Bland y Altman¹¹ y se realizó una prueba de Pittman para calcular la probabilidad de que las diferencias entre las varianzas de las medias de los valores de potencia y los valores de las 2 potencias (Watt1 y Watt2) fueran debidas al azar. Los cálculos se han realizado con Stata 13.

Resultados

Veintiún varones y 12 mujeres realizaron ambas pruebas. La edad media de los pacientes fue de 63,2 años (tabla 1).

En la prueba de subir escaleras limitada por síntomas, 21 pacientes no alcanzaron la altura de los 27 m; de ellos, 17 casos no llegaron a la altura de los 22 m reconocida como el límite para clasificar al paciente como de bajo riesgo y excluir la necesidad de realizar una CPET. Nueve pacientes suspendieron la prueba por disnea, 9 por claudicación de las extremidades inferiores, 2 por dolor articular y uno por mareo e inestabilidad. Todos los pacientes ascendieron los 12 m en la segunda prueba. Al comparar los datos obtenidos en las 2 pruebas (tabla 2), la frecuencia cardíaca y la saturación al terminar el esfuerzo y el porcentaje de aumento de la frecuencia cardíaca respecto de la frecuencia cardíaca máxima calculada según la edad del paciente fueron similares.

Tabla 2
Datos promedio obtenidos de las 2 pruebas de subir escaleras

Variables	Prueba de 27 m Media (DE)	Prueba de 12 m Media (DE)	Prueba de la T pareada ^a
SpO ₂ al inicio	93,3 (1,9)	95,5 (1,9)	
SpO ₂ al final	92 (5)	92,6 (4)	0,28
FC al inicio	86 (15,9)	91,4 (15,4)	
FC al finalizar	127,4 (29,3)	126,3 (24,9)	0,86
% de la MFC alcanzado ^b	81,5 (18,4)	80,1 (16,9)	0,8
Altura ascendida (m)	19,8 (5,65)	12	
Tiempo (segundos)	80,2 (26,5)	43,2 (12,7)	
Velocidad de ascenso (m/seg)	0,25 (0,07)	0,29 (0,07)	
Potencia (Watt)	184,1 (65)	214,5 (75,1)	p < 0,001

FC: frecuencia cardíaca.

^a Todas las variables demostraron una distribución normal.

^b %MFC: porcentaje alcanzado de la frecuencia cardíaca máxima estimada según la edad del paciente.

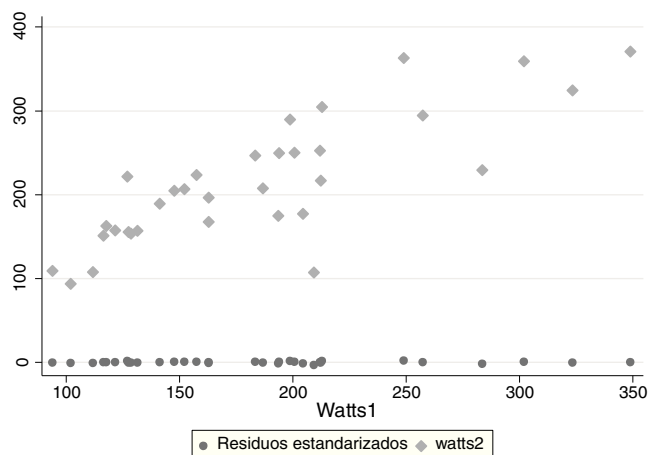


Figura 1. Diagrama de dispersión de los valores de potencia calculados en ambas pruebas de esfuerzo (Watt1: prueba estándar de 27 m; Watt2: prueba corta de 12 m; R² = 0,67) y gráfico de residuos estandarizados.

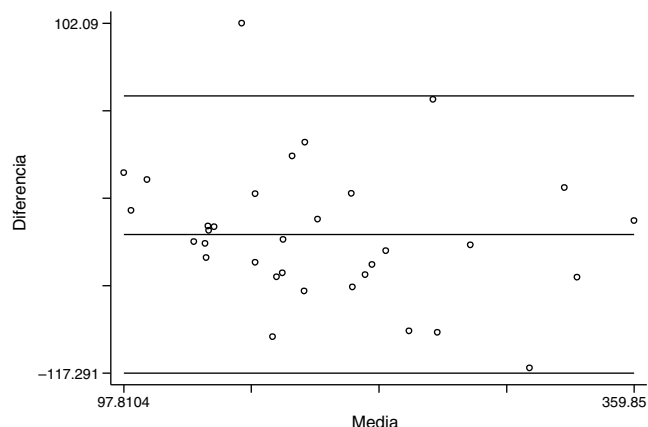


Figura 2. Gráfico de Bland y Altman mostrando la distribución de los valores obtenidos con este método dentro de las 2 DE de las diferencias entre los valores de potencia obtenidos con los 2 métodos (prueba de Pittman p = 0,173).

La figura 1 muestra la expresión gráfica de la relación entre las 2 potencias calculadas. Existe una relación lineal entre ambas variables ($p > 0,001$) y el modelo explica una proporción alta de la variabilidad de las potencias ($R^2 = 0,67$). El análisis de los residuos no detecta ningún sesgo específico de las mediciones (fig. 1). Finalmente, en el gráfico de Bland y Altman (fig. 2) se observa que 32 de los 33 valores están dentro de las 2 desviaciones estándar de la diferencia de los valores de potencia obtenidos con ambas pruebas ($p = 0,173$).

Discusión

Nuestros resultados indican que ambas pruebas son razonablemente equivalentes, no solo porque el estudio específico de las potencias así lo indica, sino porque, según se observa, las frecuencias cardíacas al terminar el esfuerzo, el porcentaje de variación de la frecuencia cardíaca respecto de la edad durante el esfuerzo y la saturación al finalizar ambos tipos de esfuerzo son similares (tabla 2). Sin embargo, un número importante de pacientes no pudo completar la prueba estándar mientras que todos fueron capaces de alcanzar los 12 m con relativa facilidad.

La prueba de subir escaleras limitada por síntomas⁴ como prueba de cribado de baja tecnología, pese a haber sido aceptada en las 2 últimas guías de práctica clínica^{1,3}, ha sido muy criticada sobre todo por su falta de estandarización y de seguridad para el paciente. Incrementar la seguridad del paciente durante el esfuerzo es difícil ya que la prueba se desarrolla fuera de un entorno controlado. Para incrementar la estandarización de esta prueba es necesario realizarla en una única escalera donde se haya medido de forma rigurosa la altura de los escalones y se conozca exactamente en qué puntos se producen los eventos clave: la altura a la que finaliza el esfuerzo y la altura de los 22 m considerados como punto de corte para la clasificación del riesgo quirúrgico del paciente. Estos 22 m corresponden aproximadamente a unos 7 pisos, aunque pueden variar según las características arquitectónicas del edificio.

La justificación fisiológica de la prueba de subir escaleras se basa en la necesidad de que el paciente alcance un cierto nivel de estrés metabólico con el esfuerzo que reproduzca, de alguna manera, la situación de estrés a la que el paciente se verá sometido durante el periodo perioperatorio. Según se ha estudiado, el nivel de actividad al que se somete al paciente en los estudios preoperatorios es mayor del que va a requerir para la intervención¹². Se estima que para mantener una demanda perioperatoria de VO₂ de 5 ml/kg/min, el umbral anaerobio del paciente debe estar por encima de 11 ml/kg/min en condiciones normales¹². En las pruebas de baja tecnología, el grado de actividad alcanzada o, más exactamente, la potencia alcanzada en el desarrollo de la prueba, nos proporciona una estimación de la capacidad aeróbica del paciente, ya que la potencia desarrollada es uno de los factores principales que intervienen en el cálculo del VO₂¹³.

La introducción reciente de formas alternativas a la prueba de subir escaleras, publicada por Brunelli et al.⁴ y aceptada en las guías más recientes, es novedosa por las diferentes relaciones entre variables establecidas y analizadas. Varios grupos habían estudiado otras versiones de la prueba de subir escaleras resaltando en todas ellas su capacidad para detectar a pacientes de muy alto riesgo de sufrir complicaciones¹⁴⁻¹⁶ o relacionando la altura que el paciente era capaz de subir con su función pulmonar^{17,18}. Pollock et al.¹⁸ fueron los primeros en relacionar la prueba de ascenso con el VO₂ del paciente pero en su prueba los pacientes ascendían al ritmo que ellos decidían, sin ser animados a mantener el esfuerzo. Brunelli et al.⁴ modificaron ese aspecto de tal manera que se invitaba a los pacientes a subir a un ritmo superior, menos confortable que el que habrían adoptado en situación normal, y a que lo mantuvieran. Esto hizo que los pacientes ascendieran alturas muy superiores a las que se habían registrado en estudios previos. Desarrollando una prueba más corta pero animando al paciente en su ascenso, Cataneo y Cataneo encontraron que el tiempo empleado en subir los 12,16 m mantenía una buena correlación ($R^2 = -0,7$) con el VO₂ del paciente medido en la prueba estandarizada de laboratorio⁶. En otro trabajo posterior, Ambrozín et al.⁸ encontraron que existían diferencias significativas entre el tiempo medio y la potencia media que alcanzaron los pacientes con CCR respecto a los que no las tuvieron en el postoperatorio de la resección pulmonar. En este último trabajo demostraron que la prevalencia de CCR era directamente proporcional al tiempo necesario para realizar el ascenso:

registraron un 14% de CCR en los que tardaron menos de 30 s y un 60% en los que necesitaron más de 50 s. Por otro lado, el grupo sudafricano encontró que el parámetro que predecía la ocurrencia de CCR era la velocidad de ascenso^{7,9}. Para ellos, esta velocidad mostraba una alta correlación con el VO₂ medido en la prueba de laboratorio ($R^2 = 0,67$) y llegaron a la conclusión de que un paciente que pudiera ascender a una velocidad de 15 m/min tenía un VO₂ estimado de al menos 20 ml/kg/min y por lo tanto podría tolerar hasta una neumectomía sin necesidad de realizar ningún otro estudio⁷.

La elección de subir solo 12 m de altura está en relación con las observaciones de varios investigadores^{4,6,15} que habían demostrado que ascender 12-14 m de altura (aproximadamente 3 pisos) era suficiente para identificar a pacientes con bajo riesgo de sufrir complicaciones postoperatorias pese a tener unas pruebas de función pulmonar alteradas. Por otro lado, esa altura de 3 pisos es muy tolerable, si la comparamos con la altura de la prueba estándar (al menos 7 pisos), y permite que aquellos pacientes peor entrenados pero con un nivel aceptable de VO₂ puedan ascender sin detenerse. Nuestra experiencia en la prueba estándar nos indica que un número importante de enfermos enviados a CPET por no alcanzar la altura crítica de 22 m tienen un buen nivel de VO₂ pero muestran un desacondicionamiento para el ejercicio por falta de entrenamiento (datos no publicados).

Este estudio tiene algunas limitaciones que comentar. Por un lado, se trata de un estudio piloto, por lo que los resultados quedan pendientes de ser contrastados en una población mayor y de ser validados por otros. Por otra parte, todos los pacientes incluidos ya habían sido seleccionados para cirugía en otros centros conforme a unos criterios consensuados. Esta limitación es muy difícil de superar y es innata a todos los servicios quirúrgicos. Finalmente, hay que resaltar que durante la primera consulta los pacientes aprenden ejercicios respiratorios y son animados a incrementar la carga diaria de ejercicio físico¹⁹ lo que podría suponer que las 2 pruebas se hayan realizado en condiciones diferentes.

Para terminar, se puede concluir que los datos aportados indican que existe una equivalencia razonable entre las 2 pruebas de subir escaleras y que, por lo tanto, se puede utilizar la prueba de altura fija de 12 m en lugar de la prueba de subir escaleras limitada por síntomas en la evaluación preoperatoria de los pacientes remitidos para valoración de resección pulmonar. El punto de corte para evaluar el riesgo quirúrgico está por determinar.

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, 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 ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013;143 5 suppl:e166S-90S.
2. Novoa NM, Ramos J, Jiménez MF, Gonzalez-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.
3. 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.
4. Brunelli A, Al Refai M, Monteverde M, Borri A, Salati M, Fianchini A. Stair climbing test predicts cardiopulmonary complications after lung resection. *Chest*. 2002;12:1106-10.
5. Brunelli A, Sabbatini A, Xiumé F, Borri A, Salati M, Marasco RD, et al. Inability to perform maximal stair climbing test before lung resection: A propensity score analysis on early outcome. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005;27:367-72.

6. Cataneo DC, Cataneo AJM. Accuracy of the stair-climbing test using maximal oxygen uptake as the gold standard. *J Bras Pneumol*. 2007;33:128–33.
7. Koegelenberg CFN, Diacon AH, Irani S, Bolliger CT. Stair climbing in the functional assessment of lung resection candidates. *Respiration*. 2008;75:374–9.
8. Ambrozin ARP, Cataneo DC, Arruda KA, Cataneo AJM. Time in the stair-climbing test as a predictor of thoracotomy postoperative complications. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145:1093–7.
9. Bernasconi M, Koegelenberg CFN, von Groote-Bidlingmaier F, Maree D, Barnard J, Diacon AH, et al. Speed of ascent during stair climbing identifies operable lung resection candidates. *Respiration*. 2012;84:117–22.
10. Varela G, Cordovilla R, Jimenez MF, Novoa N. Utility of standardized exercise oximetry to predict cardiopulmonary morbidity after lung resection. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;19:351–4.
11. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: Why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet*. 1995;346:1085–7.
12. Biccard BM. Relationship between the inability to climb two flights of stairs and outcome after major non-cardiac surgery: Implications for the preoperative assessment of functional capacity. *Anaesthesia*. 2005;60:588–93.
13. Olsen GN. The evolving role of exercise testing prior to lung resection. *Chest*. 1989;95:218–25.
14. Gaensler 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 Surg*. 1955;29:163–87.
15. Olsen GN, Bolton JW, Weiman DS, Hornung CA. Stair climbing as an exercise test to predict the postoperative complications of lung resection: Two years experience. *Chest*. 1991;99:587–90.
16. 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.
17. Bolton JW, Weiman DS, Haynes JL, Hornung CA, Olsen GN, Almond CH. Stair climbing as an indicator of pulmonary function. *Chest*. 1987;92:783–8.
18. Pollock M, Roa J, Benditt J, Celli B. Estimation of ventilatory reserve by stair climbing: A study in patients with chronic airflow obstruction. *Chest*. 1993;104:1378–83.
19. Varela G, Novoa NM, Agostini P, Ballesteros E. Chest physiotherapy in lung resection patients: State of the art. *Semin Thorac Surg*. 2011;23:297–306.