



MHSalud  
ISSN: 1659-097X  
revistamhsalud@una.cr  
Universidad Nacional  
Costa Rica

## Prueba de caminata de seis minutos ¿es posible predecir el consumo de oxígeno en personas con patologías? Una revisión bibliográfica

Vásquez-Gómez, Jaime; Castillo-Retamal, Marcelo; Souza de Carvalho, Ricardo; Faundez-Casanova, Cesar; De Paula Portes Junior, Moacyr

Prueba de caminata de seis minutos ¿es posible predecir el consumo de oxígeno en personas con patologías? Una revisión bibliográfica

MHSalud, vol. 16, núm. 1, 2019

Universidad Nacional, Costa Rica

**Disponible en:** <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237057357001>

**DOI:** <https://doi.org/10.15359/mhs.16-1.1>

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

## Prueba de caminata de seis minutos ¿es posible predecir el consumo de oxígeno en personas con patologías? Una revisión bibliográfica

Six-Minute Walk Test. Is It Possible to Predict Oxygen Consumption in People with Pathologies? A Bibliographic Review

Teste de caminhada seis minutos. É possível prever o consumo de oxigênio em pessoas com patologia? Uma revisão bibliográfica

*Jaime Vásquez-Gómez*

*Universidad Católica del Maule, Chile*

jvasquez@ucm.cl

 <http://orcid.org/0000-0003-0597-793X>

DOI: <https://doi.org/10.15359/mhs.16-1.1>

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237057357001>

*Marcelo Castillo-Retamal*

*Universidad Católica del Maule, Chile*

mcastill@ucm.cl

 <http://orcid.org/0000-0002-7482-1165>

*Ricardo Souza de Carvalho*

*Universidad Católica del Maule, Chile*

rsouza@ucm.cl

 <http://orcid.org/0000-0003-1715-9213>

*Cesar Faundez-Casanova*

*Universidad Católica del Maule, Chile*

cfaundez@ucm.cl

 <http://orcid.org/0000-0003-4501-4169>

*Moacyr De Paula Portes Junior*

*Universidad Autónoma de Chile, Chile*

portes.junior@yahoo.com.br

 <http://orcid.org/0000-0001-8459-865X>

Recepción: 11 Diciembre 2017

Aprobación: 30 Agosto 2018

### RESUMEN:

La prueba de caminata de seis minutos (PC6M) consiste en recorrer la mayor distancia posible y se caracteriza por ser una prueba de fácil realización. El objetivo de esta revisión fue examinar la relación entre las variables de distancia recorrida, patologías cardíacas, pulmonares y el consumo de oxígeno de una prueba de criterio en cinta rodante y/o cicloergómetro, y las ecuaciones de predicción del VO<sub>2</sub> en la PC6M de Maldonado e Ingle (2006), Vanhelst (2013) y Costa (2017) para personas con patologías. El manuscrito es una revisión bibliográfica que utilizó las bases de datos Scopus y WOS, con artículos en inglés, español y portugués entre 2000 y 2017. La distancia es la variable que más se midió y que más se asoció con el VO<sub>2</sub>, encontrándose correlaciones significativas con valores de 0.01 hasta 0.8, las patologías más relacionadas con el VO<sub>2</sub> máx. fueron la hipertensión pulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva, insuficiencia cardíaca, disfunción sistólica ventricular y accidente cerebro-vascular y el cicloergómetro fue el más utilizado en las pruebas de criterio de VO<sub>2</sub> máx. Solo una ecuación fue elaborada para niños que eran obesos la que incluyó distancia e IMC (Vanhelst), otra ecuación fue para adultos con enfermedad cardíaca que además incluía el sexo (Costa), una en pacientes con disfunción sistólica ventricular que aparte incorporó la edad, volumen espiratorio y hemoglobina (Ingle) y otra fórmula fue para adultos con insuficiencia cardíaca que consideró la distancia (Maldonado). Se sugiere utilizar la ecuación más apropiada y elaborar modelos predictivos para personas con diversas características.

**PALABRAS CLAVE:** Prueba de aptitud, oxígeno, extrapolación, salud.

### ABSTRACT:

The six-minute walk test (SMWT) consists of walking as far as possible and is characterized by being an easy test to perform. This paper examines the relationship between the variables of distance traveled, cardiac and pulmonary pathologies, and the oxygen consumption of a criterion test on treadmill and/or cycle ergometer, and the prediction equations of  $VO_2$  in the SMWT of Maldonado and Ingle (2006), Vanhelst (2013) and Costa (2017) for people with pathologies. The paper is a bibliographic review that used the Scopus and WOS databases containing articles in English, Spanish and Portuguese, published between 2000 and 2017. Distance is the variable that was most measured, and it was most associated with  $VO_2$ ; correlations with values from 0.01 to 0.8 were found. The pathologies most related to  $VO_2$  max were pulmonary hypertension, obstructive pulmonary disease, and ventricular heart failure and stroke; and the cycle ergometer was the most commonly used in the  $VO_2$  max criterion tests. Only one equation was created for children who were obese; it included distance and BMI (Vanhelst). Another equation was generated for adults with heart disease that also included sex (Costa). Besides, one equation was for patients with ventricular systolic dysfunction that also incorporated age, volume expiratory and hemoglobin (Ingle); another one was created for adults with heart failure, and this formula considered the distance (Maldonado). It is suggested to use the most appropriate equation and create predictive models for people with different characteristics.

**KEYWORDS:** Aptitude tests, oxygen, extrapolation, health.

## RESUMO:

O teste de caminhada de seis minutos (TC6M) consiste em andar o mais longe possível e é caracterizado como um teste fácil. O objetivo desta revisão foi examinar a relação entre as variáveis distância percorrida, patologias cardíacas, pulmonares e o consumo de oxigênio de um teste de critério em esteira e ciclo ergômetro, e as equações de predição do  $VO_2$  no TC6M de Maldonado e Ingle (2006), Vanhelst (2013) e Costa (2017) para pessoas com patologias. O manuscrito é uma revisão bibliográfica que utilizou as bases de dados Scopus e WOS, com artigos em inglês, espanhol e português entre 2000 e 2017. A distância é a variável mais medida e mais associada ao  $VO_2$ , encontrando correlações significativas com valores de 0,01 a 0,8, as patologias mais relacionadas ao  $VO_2$  max. foram a hipertensão pulmonar, doença pulmonar obstrutiva, insuficiência cardíaca, disfunção sistólica ventricular e acidente vascular encefálico e o ciclo ergômetro foi o mais utilizado nos testes do critério  $VO_2$  max. Apenas uma equação foi desenvolvida para crianças obesas, que incluíram distância e IMC (Vanhelst), outra equação foi para adultos com doença cardíaca que também incluiu sexo (Coast), uma em pacientes com disfunção sistólica ventricular que incorporaram a idade, volume expiratório e hemoglobina (Ingle) e outra fórmula foi para adultos com insuficiência cardíaca que considerou a distância (Maldonado). Sugere-se utilizar a equação mais adequada e desenvolver modelos preditivos para pessoas com características diversas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teste de aptidão física, oxigênio, extrapolação, saúde.

## INTRODUCCIÓN

La PC6M es una prueba no invasiva, con pautas estandarizadas, es fácil de realizar y de bajo costo (Morris et al., 2017; Zapico et al., 2016), es de esfuerzo submáximo y en ella se mide la distancia recorrida (Fleg et al., 2000; Harmsen et al., 2016). Otra ventaja de esta prueba es que posee seguridad, es simple de aplicar y es transferible a actividades cotidianas (Fleg et al., 2000). Vanhelst, Fardy, Salleron & Beghin (2013) indican que la PC6M es ampliamente aceptada porque es de precio reducido, fácil de hacer (Limsuwan, Wongwandee & Khowsathit, 2010) y permite que se prueben simultáneamente grandes cantidades de personas. La PC6M brinda información útil sobre el desempeño diario de las personas y es un mejor indicador de las actividades de la vida diaria comparada con otras pruebas de caminata (Zapico et al., 2016). Solway, Brooks, Lacasse & Thomas (2001) también apuntan que la prueba es el mejor indicador de capacidad funcional diaria. Según Zhang et al., (2017) esta prueba de caminata es comúnmente usada para medir la capacidad motora funcional y la capacidad del ejercicio de resistencia, y en países como China se ha podido encontrar estudios en pacientes con enfermedades cardiopulmonares.

En la PC6M generalmente se ha medido la distancia recorrida, aunque se ha relacionado con la capacidad de consumir oxígeno de los individuos (Zhang et al., 2017). Uno de los estudios pioneros sobre la asociación entre la PC6M y la capacidad cardiopulmonar en una prueba de criterio fueron los de Guyatt et al., (1985a; 1985b) quienes investigaron en pacientes con insuficiencia cardíaca y pulmonar crónicas, y encontraron correlaciones significativas entre la PC6M y la capacidad máxima de trabajo en cicloergómetro. Solway et al., (2001) afirman que la PC6M es uno de los marcadores predictivos para el rendimiento de una prueba

de esfuerzo, pese a que se ha estipulado que tiene una correlación modesta con el VO<sub>2</sub> pico (Fleg et al., 2000). Costa et al., (2017) reafirman que la distancia cubierta en la prueba arroja información limitada sobre la capacidad funcional de los sujetos, haciéndose necesario un modelo que realice la predicción del VO<sub>2</sub> pico, de hecho, se ha encontrado correlaciones significativas entre la distancia y el VO<sub>2</sub> en pacientes con enfermedades pulmonares y cardíacas. Pese a esto se ha expuesto que la relación entre la distancia cubierta y el VO<sub>2</sub> pico oscila entre 0.34 y 0.74 (Harmsen et al., 2016). Morris et al., (2017) señalan que algunos estudios reportan la medición del intercambio de gases durante la PC6M y que dicha medición del VO<sub>2</sub> se correlaciona con el obtenido en una prueba de ejercicio cardiopulmonar, este tipo de pruebas es el gold standard para la evaluación, es decir, de carácter incremental y de esfuerzo máximo hasta el agotamiento (Zapico et al., 2016). Así como plantean Andersson, Lundahl, Wecke, Lindblom & Nilsson (2011) que para el estudio de la potencia aeróbica lo adecuado es la medición directa del VO<sub>2</sub> en cicloergómetro o en cinta rodante, en este marco un estudio ha realizado la predicción del VO<sub>2</sub> pico, esta vez de manera indirecta, a través de calorimetría con pruebas incrementales (Harmsen et al., 2016). También, Andersson & Nilsson (2011) han señalado que muchos estudios que reportan correlaciones entre la distancia en la PC6M y el VO<sub>2</sub> máx. utilizan pruebas submáximas para predecir esta última variable, lo cual tiene menor precisión comparado con las pruebas de esfuerzo máximo.

La relación entre el VO<sub>2</sub> obtenido en una prueba cardiopulmonar y la PC6M se ha reportado en sujetos con hipertensión pulmonar, pero no se ha informado sobre la predicción del VO<sub>2</sub> pico en la PC6M en este grupo de individuos. Zapico et al., (2016) indican que algunos estudios han intentado predecir el VO<sub>2</sub> pico en personas con trastornos cardiopulmonares, pero en adultos con insuficiencia cardíaca al parecer la PC6M no predice el VO<sub>2</sub> pico, sin embargo, en sujetos obesos el IMC y la PC6M sí pudieron predecirlo. En el estudio de Vanhelst et al., (2013), con niños obesos, los resultados sugieren que la PC6M es reproducible y válida en jóvenes obesos, además compararon los resultados con la investigación de Morinder, Mattson, Sollander, Marcus & Larsson (2009) quienes estudiaron a adolescentes obesos, también se ha indicado que la PC6M podría ser indicativa del VO<sub>2</sub> pico en pacientes con hemorragia subaracnoidea aneurismática (Harmsen et al., 2016). Sin embargo, la predicción del VO<sub>2</sub> pico en personas con patologías fue realizada desde hace tiempo por Cahalin, Mathier, Semigran, Dec & Thomas (1996) en pacientes que tenían insuficiencia cardíaca. Los autores elaboraron varias ecuaciones de predicción que incluían variables como la distancia, edad, peso corporal, estatura, ratio de presión arterial, presión arterial pulmonar, eyección ventricular izquierda e índice cardíaco.

El objetivo de este trabajo de revisión bibliográfica es examinar la relación que existe entre las variables medidas en la PC6M como la distancia, IMC, sexo y patologías cardíacas, pulmonares y vasculares con el VO<sub>2</sub> obtenido en las pruebas de criterio de Bruce, Balke, en cinta rodante y/o cicloergómetro, al considerar sujetos de ambos sexos menores y mayores a los 18 años de edad, así como también analizar las ecuaciones de predicción del VO<sub>2</sub> de Vanhelst et al., (2013), Costa et al., (2017), Maldonado-Martin et al., (2006) e Ingle et al., (2006) que se han elaborado a partir de la PC6M en individuos con patologías.

## METODOLOGÍA

El manuscrito es una revisión bibliográfica para lo cual se utilizó como fuentes primarias artículos originales de las bases de datos Scopus y Web of Sciences, para luego obtener el texto original desde Google Scholar en algunos casos. Se buscó artículos en idioma inglés, español y portugués con un límite temporal entre los años 2000 y 2017, se utilizó como descriptores de búsqueda los siguientes: “Six minute walk test, oxygen, gas exchange”, “prueba de caminata de seis minutos, oxígeno, intercambio de gases”, “teste de caminhada de seis minutos, oxigênio, troca gasosa”. Como criterio de inclusión se seleccionó aquellos artículos disponibles con texto completo, se incluye las revisiones, artículos con diseños no experimentales y transeccionales, y que

tuvieran tamaños muestrales mayores a 50 participantes. Los artículos se sometieron al arbitrio de uno de los autores en función de los manuscritos que los otros autores reportaron, de esta forma se revisaron 75 manuscritos y se seleccionó 33 trabajos que cumplieron con los criterios establecidos, los cuales fueron de texto completo.

## DESARROLLO

La PC6M inicialmente fue elaborada como una prueba para reemplazar la medición del  $\text{VO}_2$  pico, debido a su facilidad de realización y reproducibilidad (Oudiz et al., 2006) aunque según la Asociación Americana del Tórax la distancia alcanzada generalmente no determina el pico de la absorción de oxígeno, pero tiene una mejor relación con mediciones formales relacionadas a la calidad de vida (Andersson & Nilsson, 2011). Sin embargo, Vanhelst et al., (2013) exponen que la PC6M puede usarse para la absorción máxima de oxígeno sin calorimetría indirecta y según Kervio, Carre & Ville (2003) durante los dos primeros minutos de la prueba el  $\text{VO}_2$  aumenta, pudiéndose explicar este fenómeno por la necesidad de energía para alcanzar más distancia, al considerar que esto se determinó en la investigación del comportamiento del  $\text{VO}_2$  en adultos saludables de 60 a 70 años. Los autores aclaran que después de un período de familiarización en la prueba, el coeficiente de variación y las desviaciones estándar del  $\text{VO}_2$  son fiables, de modo que durante la realización de la PC6M el  $\text{VO}_2$  llega a un valor del 80 % del máximo.

Para Miyamoto et al., (2000) la PC6M, con la característica de una prueba de esfuerzo submáxima, refleja la capacidad cardiopulmonar máxima y se correlacionó significativamente con el gasto cardíaco basal, con la resistencia pulmonar total y estuvo fuertemente correlacionada con el  $\text{VO}_2$  pico. En este sentido, Tang, Sibley, Bayley, McIlroy & Brooks, (2006) han indicado que existen relaciones moderadas entre la distancia alcanzada en la PC6M y la capacidad aeróbica, inclusive en personas con afecciones cardiorrespiratorias las correlaciones entre la distancia y el  $\text{VO}_2$  pico oscilaron entre 0.51 y 0.9. También se ha encontrado asociación en personas con lesión cerebral, insuficiencia cardíaca y enfermedad cardiopulmonar cuyo valor varió entre 0.5 y 0.73 (Slaman et al., 2013).

Un gran campo de aplicación de la PC6M es la parte clínica, tanto es así que se puede encontrar como una de las más utilizadas para la valoración de la capacidad funcional. No obstante, se ha complementado con una prueba cardiopulmonar que exige mayor esfuerzo para contrastar así el coste cardiorrespiratorio de los individuos entre ambas pruebas. Woods, Frantz, Taylor, Olson & Johnson (2011) indican que la respuesta del intercambio gaseoso en el ejercicio submáximo permite una discriminación de resultados entre individuos sanos y con hipertensión. En el estudio realizado por estos autores demuestran la utilidad potencial de una prueba de esfuerzo de bajo nivel (PC6M) como herramienta útil en ensayos clínicos para determinar la efectividad de terapias para el tratamiento de la hipertensión. Como en esta investigación los resultados indicaron que se puede discriminar entre los diferentes resultados (sanos e hipertensos), mencionan que es factible la utilización de la prueba para predecir el  $\text{VO}_2$  máx.

### PC6M y $\text{VO}_2$ en personas con accidente vascular

En personas con patología vascular se ha podido determinar la asociación entre la PC6M y la capacidad aeróbica, por ejemplo, en pacientes con accidente cerebrovascular crónico se ha encontrado una asociación de  $r = 0.4$  ( $p < 0.005$ ) y en personas con esta misma enfermedad pero del tipo sub-agudo una relación de 0.84 ( $p < 0.001$ ), y por el contrario, se ha reportado que en pacientes con ictus no se ha encontrado relación (Tang et al., 2006).

En el estudio de Outermans, van de Port, Wittink, de Groot & Kwakkel (2016) se detallan algunos trabajos en donde se relaciona el  $\text{VO}_2$  pico determinado en cicloergómetro con la distancia alcanzada en la PC6M en

sujetos hombres y mujeres con accidente cerebrovascular. De esta forma, exponen que con una muestra  $n = 109$  y 65 años se relacionó  $\text{VO}_2$  máx. / distancia en PC6M y se encontró un  $r = 0.4$  ( $p < 0.05$ ); con  $n = 83$  y 68 años,  $r = 0.45$  ( $p < 0.05$ ) y con  $n = 52$  y 64 años,  $r = 0.56$  ( $p < 0.001$ ). En el mismo tenor, dan a conocer la relación entre la distancia recorrida en la PC6M y el  $\text{VO}_2$  pico determinado, esta vez en cinta rodante para sujetos hombres y mujeres que sufrieron la misma patología, indican que en una muestra de  $n = 117$  y 64 años una asociación de  $r = 0.64$  ( $p < 0.01$ ).

Tang et al., (2006) sugieren que la relación entre la distancia y el  $\text{VO}_2$  pico es modesta en individuos con accidente cerebrovascular, e indican que la aptitud aeróbica contribuye de forma moderada a la distancia que se puede alcanzar en la PC6M. Estos autores afirman que en otro estudio se ha realizado la relación entre las variables de interés ( $\text{VO}_2$  y distancia) en personas que padecían de accidente cerebrovascular subagudo y se encontraron valores de correlación de 0.8 ( $p < 0.001$ ), pero para calcular el  $\text{VO}_2$  pico y el  $\text{VO}_2$  máx. se realizó una estimación según la edad en los sujetos, en vez de una prueba cardiopulmonar. De todos modos, se ha sugerido que es necesario una prueba de esfuerzo máximo de aptitud cardiorrespiratoria y también la aplicación de la PC6M como indicador de capacidad funcional en personas con accidente cerebrovascular (Tang et al., 2006).

### PC6M y $\text{VO}_2$ en personas con enfermedad cardíaca y pulmonar

En relación con la insuficiencia cardíaca y pulmonar, se ha informado que sujetos que padecen esta enfermedad presentan correlaciones débiles pero significativas cuando se les ha medido la distancia alcanzada en la PC6M y el  $\text{VO}_2$  pico (Doutreleau, et al., 2009), aunque las personas con trastornos cardiorrespiratorios tienen correlaciones más elevadas y generalmente significativas porque, la capacidad máxima de trabajo es menor en términos absolutos, y debido también a que podría existir una mayor carga cardiovascular durante la PC6M siempre que los sujetos tengan mayor masa corporal (Andersson & Nilsson, 2011).

En el estudio de Solway, et al., (2001) se ha declarado que la distancia cubierta en la PC6M ha tenido una fuerte correlación con el resultado de una prueba en cicloergómetro ( $r = 0.58$ ;  $p < 0.001$ ) en sujetos con insuficiencia cardíaca o con enfermedad pulmonar, y también se ha descrito una significativa correlación entre la distancia y el  $\text{VO}_2$  máx. que oscila entre 0.21 y 0.76 en adultos con trastornos cardiopulmonares de ambos géneros con rango de 51 a 67 años (Andersson et al., 2011). Otro estudio ha indicado que la distancia junto a la masa corporal se correlacionan mejor con el  $\text{VO}_2$  pico (Oudiz et al., 2006), y que el  $\text{VO}_2$  y el  $\text{VO}_2$  con el peso en kg de una prueba en cicloergómetro se han relacionado fuertemente con la distancia cubierta en la PC6M ( $r = 0.51$  y  $0.67$ , respectivamente) en hombres adultos con moderada enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Solway et al., 2001), esta idea la confirman Doutreleau et al., (2009) al indicar que la relación con el  $\text{VO}_2$  pico es mayor si la distancia se multiplica por la masa corporal.

La distancia recorrida se relaciona de forma curvilínea con el  $\text{VO}_2$  máx., y cuando esta variable es medida en cinta rodante también tiene una fuerte relación con la distancia en la PC6M ( $r = 0.88$ ;  $p < 0.0001$ ) en sujetos con insuficiencia cardíaca crónica (Solway et al., 2001), y en personas que padecen la misma patología, pero con evaluación para trasplante cardíaco, la distancia recorrida se asoció fuertemente con el  $\text{VO}_2$  máx. ( $r = 0.64$ ;  $p < 0.0001$ ), y también tuvo una buena correlación en individuos con la misma enfermedad que recorrieron menos de 300 metros en la PC6M ( $r = 0.65$ ;  $p = 0.01$ ) (Solway et al., 2001). En una posible condición operatoria Doutreleau et al., (2009) advierten que la distancia no predice el  $\text{VO}_2$  pico con precisión en personas con trasplante de corazón.

Cuando se ha estudiado la PC6M en personas con insuficiencia cardíaca avanzada se señala que la relación con el  $\text{VO}_2$  fue mayor cuando se considera a la muestra total ( $r = 0.57$ ) que cuando se incluye un menor número de sujetos ( $r = 0.28$ ) (Solway et al., 2001), es decir, solamente a los individuos que tienen un  $\text{VO}_2$  bajo con valores de 10 a 20  $\text{ml/kgmin}^{-1}$ . Pese a estas consideraciones, en un trabajo de investigación se ha

elaborado una ecuación para predecir el VO<sub>2</sub> pico en sujetos con insuficiencia cardíaca, la que ha tenido un error de estimación de 3.4 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (Doutreleau et al., 2009). Un aspecto a considerar que se ha informado en la literatura es que la fuerza muscular de las piernas y la sección transversal de la musculatura representan entre el 60 % y 80 % aproximadamente de la varianza en el VO<sub>2</sub> pico en personas con insuficiencia cardíaca (Ingle, Goode, Rigby, Cleland & Clark, 2006).

Por último, en Solway et al., (2001) también se ha expuesto que la relación es directa entre la distancia en la PC6M y el costo de O<sub>2</sub> ( $p < 0,05$ ) en pacientes con marcapaso, que la distancia es un fuerte predictor del VO<sub>2</sub> máx. ( $r = 0,73$ ;  $p < 0,0001$ ) y que ha sido útil para predecirlo a través de una ecuación de regresión en personas con enfermedad pulmonar terminal (candidatos a trasplante). Las variables de interés también han reportado una alta correlación ( $r = 0,7$ ;  $p < 0,05$ ) en niños con enfermedad terminal cardíaca o pulmonar en espera de trasplante, pero han mostrado una moderada correlación ( $r = 0,37$ ;  $p = 0,01$ ) en adultos con claudicación intermitente secundaria a enfermedad arterial periférica.

### PC6M y VO<sub>2</sub> en niños

Limsuwan et al., (2010) afirman que la PC6M es más aceptable para los niños, indican también que estos alcanzan mayor distancia que las niñas lo que se puede explicar por tener mayor masa muscular y más capacidad para lograr superiores niveles de actividad física. En relación con niños que tienen problemas en el peso corporal, una menor distancia cubierta por los niños obesos se podría atribuir porque estos tienen un menor VO<sub>2</sub> relativo, cuando se compara con aquellos con peso corporal normal (Morinder et al., 2009).

Una investigación declara que en niños de 14 años se ha encontrado una correlación de  $r = 0,44$  entre la distancia de la PC6M y el VO<sub>2</sub> máx., y en niños obesos de 8 a 16 años la relación fue de  $r = 0,34$  en donde el VO<sub>2</sub> máx. se midió en cicloergómetro (Andersson & Nilsson, 2011). Otro trabajo indaga más al incluir otras variables en un estudio con niños y adolescentes saludables y encuentran correlaciones significativas entre el VO<sub>2</sub> pico y diversas variables como la edad, la estatura, la longitud de las piernas, el peso corporal, el IMC, la fuerza de los cuádriceps y la distancia recorrida en la PC6M (Elmahgoub, Van de Velde, Peersman, Cambier & Calders, 2012). Los autores concluyen que la PC6M es válida para evaluar la capacidad de ejercicio en adolescentes con discapacidad intelectual que tienen sobrepeso y obesidad, y sostienen que es importante poder elaborar una ecuación para predecir la distancia recorrida en adolescentes con discapacidad intelectual.

Respecto a niños que sufren otras patologías, Bartels, de Groot & Terwee (2013) reportan que existe una alta y significativa correlación entre la distancia y el VO<sub>2</sub> pico en niños con fibrosis quística y en niños con enfermedad cardíaca congénita, ambos con valores de  $r = 0,76$ . De la misma forma los autores detallan que hay bajas correlaciones en niños con hipertensión pulmonar ( $r = 0,49$ ), artritis idiopática juvenil (de 0.43 a 0.53), obesidad (0.34) y correlaciones no significativas en niños en etapa terminal de enfermedad renal. También se ha encontrado una alta correlación en niños obesos ( $r = 0,77$ ) pero esta vez según las directrices del Colegio Americano de Medicina del Deporte.

Sobre los ergómetros utilizados para medir el VO<sub>2</sub>, en un trabajo de investigación en niños obesos se ha utilizado una prueba en bicicleta de esfuerzo máximo y la correlación con la distancia recorrida en la PC6M ha sido desde  $r = 0,23$  hasta 0.33, estos resultados no serían comparables con otros estudios que han utilizado pruebas en cinta rodante como prueba de criterio (Morinder et al., 2009).

### PC6M y ecuaciones de predicción del VO<sub>2</sub>

Con respecto a la estimación del VO<sub>2</sub> máx. en al PC6M, Kervio et al., (2003) indican que las ecuaciones de predicción deben utilizarse con precaución cuando emanan de estudios que han utilizado pocos sujetos, haciéndose necesario una validación en una muestra mayor de participantes. En la misma línea Tseng

& Kluding (2009) indican que es una limitación trabajar con muestras pequeñas cuando se realiza una asociación entre variables y se elabora un modelo de regresión pese a obtener significancia estadística, pues un mayor tamaño muestral ayuda a tener una mayor potencia estadística. Tal condición la concluyen luego de relacionar el  $\text{VO}_2$  pico con la distancia recorrida en la PC6M, junto a otras variables, en sujetos adultos con accidente cerebrovascular cónico. Esta idea la confirman Doutreleau et al., (2009) al indicar que se requiere un mayor número de personas para analizar la relación entre la PC6M y el  $\text{VO}_2$  máx. tras evaluar a 35 individuos con trasplante de corazón.

La investigación de Bartels et al., (2013) ha señalado que la evidencia que presentan algunos trabajos de investigación es limitada ya que el tamaño de la muestra es pequeño. Elmahgoub, et al., (2012) coinciden al indicar que es interesante investigar sobre la PC6M con grandes muestras (estudiaron con 61 sujetos), a ello se suma diferentes rangos de edad y variedad en el peso corporal y en el IMC, ya que cuando se consideran estas variables el coste de oxígeno consumido ha sido mayor en mujeres obesas (56 % del  $\text{VO}_2$  máx.) que en personas con peso normal (36 % del  $\text{VO}_2$  máx.) (Morinder et al., 2009). En el aspecto de utilizar gran cantidad de sujetos para generar ecuaciones predictivas Cavalheri et al., (2010) elaboran una ecuación para estimar la tasa máxima de trabajo obtenida para una prueba incremental en cicloergómetro con base en el desempeño en la PC6M y a la masa libre de grasa al utilizar una muestra de 53 participantes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Según Ross, Murthy, Wollak & Jackson, (2010) se han publicado una gran cantidad de artículos científicos en donde se aborda la relación entre la PC6M y el  $\text{VO}_2$  pico, los que en su totalidad trabajan con personas con patologías cardíacas. En estas investigaciones se ha demostrado que cuando se relaciona la distancia cubierta y el  $\text{VO}_2$  pico el error de estimación de la ecuación es bastante grande, desde 2.81 hasta 4.43 ml-kg-min-1. Además, factores como el protocolo de la PC6M y de la prueba de  $\text{VO}_2$  y el tipo de ergómetro utilizado puede variar de una institución a otra, así como el tipo de patología pueden influir en la utilización limitada de las ecuaciones elaboradas. También se ha señalado que un error de estimación de 3.32 ml-kg-min-1 es inaceptablemente grande (Maldonado-Martin, et al., 2006).

Un último aspecto a considerar es el ergómetro utilizado para las pruebas de criterio de  $\text{VO}_2$  ya que cuando se ha realizado la validación de la PC6M se han empleado pruebas que utilizan diversos ergómetros e intensidades. En el estudio de Bartels, et al., (2013) se explica que en la mayoría de las ocasiones se pone en práctica una prueba incremental en cicloergómetro para valorar el  $\text{VO}_2$  pico, en menor medida se han empleado pruebas máximas y algunos han utilizado protocolos submáximos para predecir el  $\text{VO}_2$  pico en sujetos con diferentes patologías y variados rangos etarios. Se debe considerar que cuando se aplica la PC6M y la prueba de esfuerzo cardiopulmonar, estas deben tener algunos días de separación para brindar un descanso suficiente; sin embargo, se han realizado con dos horas de descanso en personas con parálisis cerebral (Slaman et al., 2013).

En las Tabla 1 y la Tabla 2 se describen los artículos científicos que relacionan la PC6M con el  $\text{VO}_2$  en individuos con patologías menores y mayores a 18 años, debido a que factores del desarrollo pueden influir en las pruebas físicas. También en las tablas, algunas variables que se relacionan con el  $\text{VO}_2$  no se asocian directamente al rendimiento aeróbico, y si bien se encuentran variables como la ventilación y la hemoglobina estas son difíciles de medir.

Una de las variables relacionadas al rendimiento aeróbico más sencillas de medir es la frecuencia cardíaca, tanto en el desarrollo de la prueba como en la recuperación, y esta precisamente tiene una relación estrecha con el  $\text{VO}_2$  pues interactúan constantemente en el funcionamiento del sistema cardiovascular y respiratorio, e incluye aspectos de la ventilación. Ross et al., (2010) afirman que las pruebas submáximas como la PC6M requieren una medición del estrés interno, como por ejemplo, a través de la frecuencia cardíaca de forma previa a una adecuada estimación del  $\text{VO}_2$  pico. En este sentido, recientemente Zou et al., (2017) miden la frecuencia cardíaca antes y después de realizar la PC6M en personas saludables de 18 a 30 años e incluyen



este valor junto a la estatura en ecuaciones de predicción, pero esta vez para estimar la distancia recorrida en la prueba de caminata.

**TABLA 1**  
Estudios que relacionan la PC6M con el VO<sub>2</sub> en sujetos con patologías menores de 18 años de edad

Referencia	n	Género	Edad años	Prueba de criterio VO <sub>2</sub> m <sup>m</sup> o pico <sup>P</sup> en ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Patología	PC6M		
						Variables relacionadas VO <sub>2</sub> o ecuaciones VO <sub>2</sub>	r	p
Vanhelst, et al., 2013	97	M y F	13±2.9	Cinta rodante (Balke) <sup>m</sup>	Obesos	Masa kg	-0.279	=0.0056
						Masa grasa kg	-0.266	=0.0014
						Masa libre grasa kg	0.245	=0.0233
						IMC	-0.382	=0.0001
						PC6M distancia	0.225	=0.0262
Elmahgoub, et al., 2012	61	M y F	16.9±2.5	Cicloergómetro <sup>P</sup>	Discapacidad intelectual	26.9 + 0.014 · distancia	0.69	=0.001
						-0.38 · IMC	0.31	=0.016
						Distancia		
Zapico, et al., 2016	49	M y F	13-18	Cicloergómetro <sup>P</sup>	Hipertensión pulmonar	Velocidad	0.59	<0.001

<sup>m</sup>: VO<sub>2</sub> m<sup>m</sup>; <sup>P</sup>: VO<sub>2</sub> pico;

Nota: Vanhelst, et al (2013); Elmahgoub et al (2012); Zapico et al (2016).

TABLA 2  
Estudios que relacionan la PC6M con el VO<sub>2</sub> en sujetos con patologías mayores a 18 años de edad

Referencia	n	Género	Edad años	Prueba de criterio VO <sub>2</sub> máx. <sup>m</sup> o pico p en ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Patología	PC6M Variables relacionadas VO <sub>2</sub> o ecuaciones VO <sub>2</sub>	r	p
Tueller, <i>et al.</i> , 2010	106	M y F	62±14	PC6M <sup>m</sup>	EPO	Distancia	0.37 (r <sup>2</sup> )	--
	64		61±14		Hipertensión pulmonar		0.45 (r <sup>2</sup> )	--
Pang <i>et al.</i> , 2005	63	--	65.3±8.7	Cicloergómetro <sup>m</sup>	Accidente cerebrovascular crónico	Distancia	0.402	--
Maldonado-Martin, <i>et al.</i> , 2006	97	M y F	69.1±5.6	Cicloergómetro <sup>P</sup>	ICS – ICD	Distancia	0.54	<0.001
	50		69.4±5.2		ICS			
Oudiz, <i>et al.</i> , 2006	133	M y F	47±1.1	Sin experiencia en pruebas Cicloergómetro <sup>P</sup>	Hipertensión pulmonar	Distancia	0.338	<0.0001
Ingle, <i>et al.</i> , 2006	120	M	68.1±12.8	Cinta rodante <sup>P</sup> (Bruce)	DSVI	Distancia	0.44	=0.00001
Zapico, <i>et al.</i> , 2016	82	M y F	≥19	Cicloergómetro <sup>P</sup>	Hipertensión pulmonar	Distancia	0.68	<0.001
Costa, <i>et al.</i> , 2017	81	M y F	48.6±8.1	Cinta rodante <sup>P</sup> (indirecto)	Enfermedad cardíaca de Chagas	53.43 + (1.35 * género; 0: mujer, 1: hombre) – (5.59 * NYHA) + (0.01 * PC6M distancia) – (0.29 * edad) – (0.035 * IMC)	0.81	<0.001
Zhang <i>et al.</i> , 2017	106	M y F	62±1	Cicloergómetro (VO <sub>2</sub> )	--	Distancia	0.59	<0.001

m: VO<sub>2</sub> máx.; p: VO<sub>2</sub> pico; NYHA: Clasificación funcional de la Asociación del Corazón, Nueva York, EE. UU.; MET: equivalente metabólico de la tarea, del inglés metabolic equivalent of task; EPO: enfermedad pulmonar obstructiva; ICS: insuficiencia cardíaca sistólica; ICD: insuficiencia cardíaca diastólica; EEE: error de estimación estándar; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; DSVI: disfunción sistólica ventricular izquierda; VEF: volumen espiratorio forzado; Hb: hemoglobina; ns: no significativo. Nota: Tueller et al (2010); Pang et al (2005); Maldonado-Martín et al(2006); Oudiz et al (2006); Ingle et al (2006); Costa et al (2017); Zhang et al (2017).

## CONCLUSIONES

Se concluye que la variable que más se mide en la PC6M es la distancia, por tanto, es la variable que más se asocia con el  $VO_2$  y estas correlaciones tienen valores bajos, moderados y altos en que muchas son significativas. Otra variable relacionada al  $VO_2$  es la masa corporal de los participantes, y otras vinculadas al sistema cardiorrespiratorio son poco consideradas a la hora de relacionarlas al  $VO_2$ , como, por ejemplo, la frecuencia cardíaca. Las patologías más asociadas con el  $VO_2$  máx. son hipertensión pulmonar, enfermedad cardíaca, insuficiencia cardíaca sistólica y diastólica, disfunción sistólica ventricular, enfermedad pulmonar obstructiva y accidente cerebrovascular. Cuatro investigaciones elaboraron ecuaciones que estiman el  $VO_2$  máx. en la PC6M, solo la fórmula de Vanhelst, et al., (2013) es para menores de 18 años con obesidad, misma que incluye las variables de distancia recorrida e IMC donde el criterio fue la prueba de Balke en cinta rodante. Las otras tres ecuaciones son para personas mayores de 18 años, la de Costa et al., (2017) para personas con enfermedad cardíaca que incluye el sexo, distancia e IMC, y el  $VO_2$  máx. se estimó con una prueba de criterio en cinta rodante. La ecuación de Maldonado-Martin et al., (2006) es para pacientes con insuficiencia cardíaca sistólica y diastólica que solo incluye la distancia cubierta y el  $VO_2$  pico se midió en cicloergómetro. Por último, la de Ingle et al., (2006) para pacientes con disfunción sistólica ventricular izquierda que considera la edad, IMC, distancia, concentración de hemoglobina y volumen espiratorio con la prueba de criterio de Bruce en cinta rodante.

## RECOMENDACIONES Y ALCANCES PRÁCTICOS

La pertinencia de esta revisión es que aporta evidencia de que la PC6M permite estimar o predecir el valor de consumo de oxígeno pico o máximo en diferentes grupos de personas con patologías y que se puede utilizar como alternativa a las pruebas de esfuerzo máximo que buscan el mismo fin, ya que estas son tomadas con reticencia, hay menos disposición a realizarlas y se puede causar un daño prescindible a la salud de las personas que son evaluadas. Por el contrario, en la prueba de caminata hay mejor disposición debido al tipo y nivel de esfuerzo, por conocer el tiempo de finalización que es un incentivo extra y porque son bajos los riesgos para la salud.

La utilidad práctica de esta revisión recae en el criterio de las personas ligadas a las ciencias de la actividad física que al aplicar la PC6M deben considerar las ventajas que tiene y elegir la investigación que brinde la ecuación más adecuada para estimar el  $VO_2$  en el grupo de personas con las que se esté trabajando, o el estudio que asocie adecuadamente variables de la PC6M con el  $VO_2$ . Se recomienda elaborar modelos predictivos del  $VO_2$  en la PC6M para personas con diversas características, entre ellas diferentes patologías.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Andersson, E., & Nilsson, J. (2011). Can a six-minute shuttle walk test predict maximal oxygen uptake? *Gazzetta Medica Italiana*, 170(3), 163-170.
- Andersson, E., Lundahl, G., Wecke, L., Lindblom, I., & Nilsson, J. (2011). Maximal aerobic power versus performance in two aerobic endurance tests among young and old adults. *Gerontology*, 57(6), 502-512. doi:10.1159/000329174
- Bartels, B., de Groot, J., & Terwee, C. (2013). The six-minute walk test in chronic pediatric conditions: a systematic review of measurement properties. *Physical Therapy*, 93(4), 529-541. doi:10.2522/ptj.20120210

- Cahalin, L. P., Mathier, M. A., Semigran, M. J., Dec, G. W., & DiSalvo, T. G. (1996). The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest*, 110(2), 325-332. doi: 10.1378/chest.110.2.325
- Cavalleri, V., Hernandez, N., Camillo, C., Probst, V., Ramos, D., & Pitta, F. (2010). Estimation of maximal work rate based on the 6-minute walk test and fat-free mass in chronic obstructive pulmonary disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(10), 1626-1628. doi:10.1016/j.apmr.2010.07.002
- Costa, H., Lima, M., Alencar, M., Sousa, G., Figueiredo, P., Nunes, M., & Rocha, M. O. (2017). Prediction of peak oxygen uptake in patients with Chagas heart disease: value of the six-minute walk test. *International Journal of Cardiology*, 228, 385-387. doi:10.1016/j.ijcard.2016.11.259
- Doutreleau, S., Di Marco, P., Talha, S., Charloux, A., Piquard, F., & Geny, B. (2009). Can the six-minute walk test predict peak oxygen uptake in men with heart transplant? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(1), 51-57. doi: 10.1016/j.apmr.2008.07.010
- Elmahgoub, S., Van de Velde, A., Peersman, W., Cambier, D., & Calders, P. (2012). Reproducibility, validity and predictors of six-minute walk test in overweight and obese adolescents with intellectual disability. *Disability and Rehabilitation*, 34(10), 846-851. doi:10.3109/09638288.2011.623757
- Fleg, J., Piña, I., Balady, G., Chaitman, B., Fletcher, B., Lavie, C., & Bazzarre, T. (2000). Assessment of functional capacity in clinical and research applications - an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 102(13), 1591-1597. PMID: 11004153
- Guyatt, G. H., Thompson, P. J., Berman, L. B., Sullivan, M. J., Townsend, M., Jones, N. L., & Pugsley, S. O. (1985a). How should we measure function in patients with chronic heart and lung disease? *Journal of Chronic Diseases*, 38(6), 517-524. doi: 10.1016/0021-9681(85)90035-9
- Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Fallen, E. L., Pugsley, S. O., Taylor, D. W., & Berman, L. B. (1985b). The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Canadian Medical Association Journal*, 132(8), 919-923. PMID: 3978515
- Harmsen, W., Ribbers, G., Slaman, J., Heijnenbrok-Kal, M., Khajeh, L., van Kooten, F., & van den Berg-Emons, R. (2016). The six-minute walk test predicts cardiorespiratory fitness in individuals with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 24(4):250-255. doi: 10.1080/10749357.2016.1260263
- Ingle, L., Goode, K., Rigby, A., Cleland, J., & Clark, A. (2006). Predicting peak oxygen uptake from 6-min walk test performance in male patients with left ventricular systolic dysfunction. *European Journal of Heart Failure*, 8(2), 198-202. doi:10.1016/j.ejheart.2005.07.008
- Kervio, G., Carre, F., & Ville, N. (2003). Reliability and intensity of the six-minute walk test in healthy elderly subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 169-174. doi:10.1249/01.mss.0000043545.02712.a7
- Limsuwan, A., Wongwandee, R., & Khowsathit, P. (2010). Correlation between 6-min walk test and exercise stress test in healthy children. *Acta Paediatrica*, 99(3), 438-441. doi:10.1111/j.1651-2227.2009.01602.x
- Maldonado-Martin, S., Brubaker, P., Kaminsky, L., Moore, J., Stewart, K., & Kitzman, D. (2006). The relationship of 6-min walk to VO<sub>2</sub>peak and VT in older heart failure patients. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1047-1053. doi:10.1249/01.mss.0000222830.41735.14
- Miyamoto, S., Nagaya, N., Satoh, T., Kyotani, S., Sakamaki, F., Fujita, M., & Miyatake, K. (2000). Clinical correlates and prognostic significance of six-minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension - Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 161(2), 487-492. doi:10.1164/ajrccm.161.2.9906015
- Morinder, G., Mattsson, E., Sollander, C., Marcus, C., & Larson, U. (2009). Six#minute walk test in obese children and adolescents: Reproducibility and validity. *Physiotherapy Research International*, 14(2), 91-104. doi:10.1002/pri.428
- Morris, N., Seale, H., Harris, J., Hall, K., Lin, A., & Kermeen, F. (2017). Gas exchange responses during 6-min walk test in patients with pulmonary arterial hypertension. *Respirology*, 22(1), 165-171. doi:10.1111/resp.12868

- Oudiz, R., Barst, R., Hansen, J., Sun, X., Garofano, R., Wu, X., & Wasserman, K. (2006). Cardiopulmonary exercise testing and six-minute walk correlations in pulmonary arterial hypertension. *American Journal of Cardiology*, 97(1), 123-126. doi:10.1016/j.amjcard.2005.07.129
- Outermans, J., van de Port, I., Wittink, H., de Groot, J., & Kwakkel, G. (2015). How strongly is aerobic capacity correlated with walking speed and distance after stroke? Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, 95(6), 835-853. doi:10.2522/ptj.20140081
- Pang, M., Eng, J., & Dawson, A. (2005). Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke - Influence of stroke-specific impairments. *Chest*, 127(2), 495-501. doi:10.1378/chest.127.2.495
- Ross, R., Murthy, J., Wollak, I., & Jackson, A. (2010). The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. *BMC Pulmonary Medicine*, 10(1), 31. doi:10.1186/1471-2466-10-31
- Slaman, J., Dallmeijer, A., Stam, H., Russchen, H., Roebroek, M., van den Berg-Emons, R., & Learn2Move Res, G. (2013). The six-minute walk test cannot predict peak cardiopulmonary fitness in ambulatory adolescents and young adults with cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(11), 2227-2233. doi:10.1016/j.apmr.2013.05.023
- Solway, S., Brooks, D., Lacasse, Y., & Thomas, S. (2001). A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*, 119(1), 256-270. doi:10.1378/chest.119.1.256
- Tang, A., Sibley, K., Bayley, M., McIlroy, W., & Brooks, D. (2006). Do functional walk tests reflect cardiorespiratory fitness in sub-acute stroke? *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 3(1), 23. doi:10.1186/1743-0003-3-23
- Tseng, B., & Kluding, P. (2009). The relationship between fatigue, aerobic fitness, and motor control in people with chronic stroke: a pilot study. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 32(3), 97-102. PMID: 20128333
- Tueller, C., Kern, L., Azzola, A., Baty, F., Condrau, S., Wiegand, J. ... & Brutsche, M. (2010). Six-minute walk test enhanced by mobile telemetric cardiopulmonary monitoring. *Respiration*, 80(5), 410-418. doi:10.1159/000319834
- Vanhelst, J., Fardy, P., Salleron, J., & Beghin, L. (2013). The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *Disability and Rehabilitation*, 35(6), 479-482. doi:10.3109/09638288.2012.699581
- Woods, P., Frantz, R., Taylor, B., Olson, T., & Johnson, B. (2011). The usefulness of submaximal exercise gas exchange to define pulmonary arterial hypertension. *Journal of Heart and Lung Transplantation*, 30(10), 1133-1142. doi:10.1016/j.healun.2011.03.021
- Zapico, A., Fuentes, D., Rojo-Tirado, M., Calderon, F., Rosenzweig, E., & Garofano, R. (2016). Predicting peak oxygen uptake from the 6-minute walk test in patients with pulmonary hypertension. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 36(3), 203-208. doi:10.1097/hcr.0000000000000174
- Zhang, Q., Lu, H., Pan, S., Lin, Y., Zhou, K., & Wang, L. (2017). 6MWT performance and its correlations with VO<sub>2</sub> and handgrip strength in home-dwelling mid-aged and older Chinese. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(5), 473. doi:10.3390/ijerph14050473
- Zou, H., Zhang, J., Chen, X., Wang, Y., Lin, W., Lin, J. ... & Pan, J. (2017). Reference equations for the six-minute walk distance in the healthy Chinese han population, aged 18–30 years. *BMC Pulmonary Medicine*, 17(1), 119. doi:10.1186/s12890-017-0461-z

CC BY-NC-ND