








## INFLUÊNCIA DOS COMPORTAMENTOS SEDENTÁRIOS E DA ATIVIDADE FÍSICA NA FUNÇÃO PULMONAR DE IDOSOS: UM ESTUDO TRANSVERSAL

*Influence of sedentary behaviors and physical activity on the lung function in the elderly: a cross-sectional study*

*Influencia de los comportamientos sedentarios y de la actividad física en la función pulmonar de adultos mayores: un estudio transversal*

Fernanda M. Silva <sup>1,2\*</sup> , João Petrica <sup>1,3</sup> , João Serrano <sup>1,3</sup> , Rui Paulo <sup>1,3</sup> , André Ramalho <sup>1,3</sup> ,  
José Pedro Ferreira <sup>2,4</sup> , Pedro Duarte-Mendes <sup>1,3</sup> 

<sup>1</sup> Department of Sports and Well-being, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Portugal; <sup>2</sup> University of Coimbra, Portugal;

<sup>3</sup> Sport, Health & Exercise Research Unit (SHERU), Polytechnic Institute of Castelo Branco

<sup>4</sup> Research Unit for Sport and Physical Activity (CIDAF), University of Coimbra, Portugal

\* Correspondence: geral.fernandasilva@gmail.com

Recibido: 07/08/2019; Aceptado: 22/05/2020; Publicado: 30/09/2020

### Resumo

O objetivo deste estudo foi verificar a relação entre o tempo sedentário e os níveis de atividade física (leve e moderada a vigorosa) nos valores espirométricos em idosos. Adicionalmente, pretendemos verificar os efeitos da aplicação das Recomendações Globais de Atividade Física. Setenta e sete idosos (média  $\pm$  DP= 71.90  $\pm$  5.50 anos) de ambos os géneros, voluntariaram-se a participar neste estudo transversal, sendo divididos no grupo ativo (n=37) (70.76  $\pm$  4.91 anos) e no grupo inativo (n=40) (72.95  $\pm$  5.87 anos) de acordo com as diretrizes estabelecidas. O tempo sedentário e de atividade física foi avaliado através do acelerómetro ActiGraph® GT1M. Para a avaliação dos valores espirométricos utilizou-se o espirómetro Microquark da Cosmed®. A análise dos dados foi baseada na estatística descritiva, inferencial e magnitude dos efeitos. Não se verificaram correlações significativas entre o tempo sedentário e de atividade física (leve e moderada a vigorosa) com os valores espirométricos, assim como não se verificaram diferenças significativas entre os grupos. Os nossos resultados são claros quanto à não existência de evidência estatística significativa acerca da relação entre as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** função pulmonar; espirometria; idoso; atividade física; tempo sedentário; saúde.

### Abstract

The purpose of this study was to verify the relation between sedentary time and physical activity levels (light to moderate to vigorous) on spirometric values in the elderly. In addition, we aimed to assess the effects of the implementation of the Global Recommendations of Physical Activity. Seventy-seven elderly (71.90  $\pm$  5.50 years) of both genders volunteered to participate in this cross-sectional study, being divided into an active group (n= 37) (70.76  $\pm$  4.91 years) and an inactive group (n= 40) (72.95  $\pm$  5.87 years) according to the established guidelines. Sedentary and physical activity times were assessed using an ActiGraph® GT1M accelerometer. The Spirometer Microquark of Cosmed® was used to evaluate the spirometric values. Data analysis was based on descriptive, inferential and magnitude effects. There were no significant correlations between sedentary time and physical activity (light and moderate to vigorous) with spirometric values, nor were there significant differences between groups. Our results are clear as to the absence of significant statistical evidence about the relationship between the analyzed variables.

**Keywords:** lung function; spirometry; elderly; physical activity; sedentary time; health.

## Resumen

El objetivo de este estudio fue verificar la relación entre el tiempo sedentario y los niveles de actividad física (leve y moderada a vigorosa) en los valores espirométricos en adultos mayores. También, se verificó los efectos de la aplicación de las Recomendaciones Globales de Actividad Física. Setenta y siete adultos mayores (promedio  $\pm$  DS = 71.90  $\pm$  5.50 años de edad) de ambos sexos se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio cruzado, siendo divididos en grupo activo ( $n=37$ ; 70.76  $\pm$  4.91 años de edad) y grupo inactivo ( $n=40$ ; 72.95  $\pm$  5.87 años de edad), de acuerdo con las directrices establecidas. El tiempo sedentario y de actividad física fue evaluado por medio del acelerómetro ActiGraph® GT1M. Para la evaluación de los valores de espirometría se utilizó el espirómetro Microquark de Cosmed®. Se usó estadística descriptiva, inferencial y de magnitud de los efectos. No se encontraron correlaciones significativas entre el tiempo sedentario e de actividad física (leve, moderado a vigoroso) con los valores espirométricos. Tampoco se hallaron diferencias significativas entre los grupos. Los resultados son claros en que no existe evidencia significativa de la relación entre las variables estudiadas.

**Palabras clave:** función pulmonar; espirometría; adultos mayores; actividad física; tiempo sedentario; salud.

Fuentes de Financiación / Funding: -

Agradecimientos / Acknowledgments: -

Conflicto de intereses / Conflicts of Interest: NO

Citación / Citation: Silva, F. M., Petrica, J., Serrano, J., Paulo, R., Ramalho, A., Ferreira, P. J., & Duarte-Mendes, P. (2020). Influência dos comportamentos sedentários e da atividade física na função pulmonar de idosos: um estudo transversal. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 16(3), 213-224.

Sección / Section: Ciencias Biomédicas aplicadas al Deporte / Biomedics Science applied to Sport  
Actividad Física y Salud / Health Enhancing Physical Activity

Editor de Sección / Edited by: Sebastián Feu, Universidad de Extremadura, España 

## Introdução

A função pulmonar é um importante preditor de morbidade por doenças cardiovasculares (DCV), diabetes tipo 2, distúrbios cognitivos, incapacidade e mortalidade por todas as causas (Chen et al., 2020; Lee et al., 2014). Na população saudável, a função pulmonar diminui com o avançar da idade (Mirabelli et al., 2016), tendo estudos demonstrado uma diminuição contínua entre os 25 e os 30 mL anuais na capacidade vital forçada (CVF) e no volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) a partir da terceira década de vida (Chotirmall et al., 2009; Miller, 2010; Sharma & Goodwin, 2006). Também o pico de fluxo expiratório (PFE) tem tendência a diminuir com a idade, existindo uma grande variabilidade nesta alteração (Janssens, 2005).

A função pulmonar é amplamente determinada por fatores endógenos, como a idade, sexo, tamanho corporal e exposições precoces da vida (Weiss, 2010), contudo, existe um crescente interesse em identificar os determinantes modificáveis da função pulmonar para impedir o desenvolvimento e a progressão de condições respiratórias obstrutivas, como é o caso da doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC). Neste sentido, estudos indicam que o tabagismo, fatores ambientais e ocupacionais, nutrição, doenças, o comportamento sedentário e a atividade física podem afetar esse declínio associado à idade (Bourbeau et al., 2014; Dogra et al., 2019). Os poucos estudos prospetivos existentes demonstraram um vínculo benéfico entre a atividade física e a função pulmonar (Cheng et al., 2003; Jakes et al., 2002; Garcia-Aymerich et al., 2007; Pelkonen et al., 2003), sugerindo que esta pode ser importante na prevenção e controlo de DPOC. Outras evidências epidemiológicas alertam para a necessidade de reduzir o tempo em comportamentos sedentários (atividades realizadas na posição deitada, reclinada ou sentada, que não elevem o gasto energético acima dos níveis de repouso (Tremblay et al., 2017)), visto que estes comportamentos estão associados ao aumento do risco de doenças crónicas (Booth, Roberts, & Laye, 2012; Katzmarzyk, Church, Craig, & Bouchard, 2009) e ao aumento das taxas de mortalidade (van der Ploeg, Chey, Korda, Banks, & Bauman, 2012). Relativamente à sua relação com a função pulmonar, estudos indicam que o declínio da função pulmonar está associado à inflamação sistémica (Yohannes & Tampubolon, 2014), e o tempo sedentário está associado a marcadores de inflamação crónica (e.g., aumento da proteína C reativa) (Parsons et

al., 2017), pelo que é possível que a inflamação seja um elo biológico entre o tempo sedentário prolongado e o declínio da função pulmonar (Dogra et al., 2018).

Poucos estudos analisaram a relação do tempo sedentário e de atividade física (objetivamente estimados) com a função pulmonar em idosos sem doenças respiratórias e, para além disso, a literatura existente não é clara. Em estudos realizados com a população idosa, os valores espirométricos mostraram estar positivamente associados a diferentes níveis de atividade física e negativamente associados com o tempo sedentário (Bamrotia, Patel, & AN, 2016; Dogra et al., 2018; Jakes et al., 2002; Nawrocka & Mynarski, 2016; Ortlieb et al., 2014; Park et al., 2017). Pelo contrário, outros estudos demonstraram não existir associações significativas entre os diferentes níveis de atividade física e os valores espirométricos em adolescentes e adultos (Smith et al., 2016; Barboza et al., 2016). No entanto, é preciso considerar que alguns dos estudos anteriormente descritos, avaliaram a atividade física através de métodos subjetivos (e.g., questionários), o que diminui significativamente a precisão da quantidade e da intensidade da atividade física realizada (Grimm, Swartz, Hart, Miller, & Strath, 2012; Westerterp, 2009). Desta forma, o acelerómetro constitui-se num método mais preciso na avaliação da quantidade e da intensidade da atividade física realizada pelos indivíduos (Asker & Michael, 2010).

Compreender a influência dos níveis de atividade física e do tempo sedentário na função pulmonar pode ser especialmente importante na população idosa, pois o aumento da idade está associado a uma menor participação na atividade física e a maiores volumes de tempo sedentário (Dogra et al., 2018). Embora os indivíduos possam ser fisicamente ativos, ou seja, cumprirem as recomendações da World Health Organization (WHO, 2015), de 150 minutos de atividade física de intensidade moderada a vigorosa (AFMV) por semana e/ou realizando treino de força duas vezes por semana, eles também podem acumular grande volume de tempo sedentário, sentando-se por longos períodos de tempo durante as atividades de recreação, casa e/ou transporte (Dogra et al., 2018). Desta forma, a compreensão da associação de diferentes comportamentos com a função pulmonar esclareceria os alvos da intervenção que poderiam influenciar significativamente o declínio da função pulmonar associado à idade. Assim, o objetivo do nosso estudo foi verificar a relação entre o tempo sedentário e os níveis de atividade física (leve e moderada a vigorosa) com os valores espirométricos em idosos. Adicionalmente, pretendemos verificar os efeitos da aplicação das Recomendações Globais de Atividade Física. De acordo com a literatura existente, esperamos encontrar uma relação positiva entre a atividade física (leve e moderada a vigorosa) e os valores espirométricos de idosos, uma relação negativa entre o tempo sedentário e os valores espirométricos e ainda, diferenças significativas entre os grupos, sendo que o grupo que cumpre as diretrizes apresentará resultados mais satisfatórios nos valores espirométricos.

## Método

### **Participantes**

Neste estudo transversal, os participantes foram selecionados de forma intencional, por conveniência. Um total de 103 participantes foram avaliados ao nível da atividade e função pulmonar. Destes, 26 foram excluídos por não apresentarem registos válidos de acelerometria ou por não terem o teste de espirometria aceitável. Deste modo, para análise dos dados foram incluídos 77 participantes com idades compreendidas entre os 65 e 87 anos ( $71.90 \pm 5.50$  anos) de ambos os géneros ( $n_{\text{feminino}}= 52$ ;  $n_{\text{masculino}}= 25$ ). Os participantes foram divididos (através do registo de acelerometria) no grupo ativo, se cumprissem os 30 minutos diários de AFMV ( $n=37$ ) ( $70.76 \pm 4.91$  anos) e no grupo inativo fisicamente, se não cumprissem os 30 minutos diários de AFMV ( $n=40$ ) ( $72.95 \pm 5.87$  anos). Os participantes foram recrutados de universidades séniores e de centros de dia. As variáveis sociodemográficas e de historial médico foram avaliadas por meio de questionários (Sardinha et al., 2015). A idade, sexo, estado civil, nível educacional e histórico médico de hipertensão, dislipidémia, medicação atual e qualquer condição de longa duração foram relatados e classificados em duas categorias (não ou sim). Os critérios de inclusão foram: (i) idade igual ou superior a 65 anos; (ii) não institucionalizados; (iii) residentes no distrito de Castelo Branco, Portugal; (iv) caucasianos; (v) sem sintomas de doenças respiratórias ou

cardíacas graves; (vi) não fumadores; (vii) fisicamente independentes, determinado pelas respostas aos 12 itens - *Composite Physical Functioning Scale* (Rikli & Jones, 1998). Foram considerados no estudo, como sendo fisicamente independentes, os sujeitos que atingiram um score mínimo de 14 pontos na escala.

Todos os participantes foram informados quanto aos objetivos e ao protocolo da investigação, tendo os mesmos assinado o consentimento informado para participar no estudo. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinki sobre Estudos Humanos (World Medical Association, 2008).

### **Instrumentos**

Para mensurar o tempo despendido em atividade física (leve e moderada a vigorosa) e o tempo sedentário, foi utilizado o acelerómetro ActiGraph®, modelo GT1M (*Fort Walton Beach, FL*). Para a mensuração dos valores espirométricos recorremos ao espirómetro Microquark da Cosmed®.

### **Procedimentos**

Os participantes utilizaram o acelerómetro no lado direito da cintura, junto à crista ilíaca. Os dados foram recolhidos durante 5 dias consecutivos (três dias de semana e dois de fim-de-semana), sendo o equipamento ativado para as 5h00 da manhã do 1º dia, utilizando o software *ActiLife Lifestyle* (v. 4.0, *Fort Walton Beach, FL*). Os dados foram registados em *epochs* de 15 segundos, pois permite uma estimativa mais detalhada da intensidade da atividade física (Ward, Evenson, Vaughn, Rodgers, & Troiano, 2005). Além do tempo de não utilização do acelerómetro (quando removido para tomar banho, atividades aquáticas ou para dormir), períodos de pelo menos 60 minutos consecutivos com impulsos iguais a zero foram considerados tempo de não utilização (Santos et al., 2012). Para um dia ser considerado válido, os participantes teriam de utilizar o monitor por um período mínimo diário de 600 minutos (10 horas) (Ward et al., 2005). O estudo incluiu os resultados com pelo menos três dias válidos (dois dias de semana e um de fim-se-semana). Os dados do acelerómetro foram analisados com o programa automatizado para redução dos dados (MAHUffe; [www.mrc-epid.cam.ac.uk](http://www.mrc-epid.cam.ac.uk)), o qual forneceu opções para a triagem dos dados. Os valores de corte utilizados foram os sugeridos por Troiano et al. (2008): atividade sedentária (100 impulsos/min); intensidade leve (100-2019 impulsos/min); intensidade moderada (2020-5998 impulsos/min) e; intensidade vigorosa ( $\geq 5999$  impulsos/min).

Relativamente à avaliação da função pulmonar, foi realizada a manobra expiratória forçada, sendo recolhidos os seguintes indicadores: CVF, VEF<sub>1</sub> e PFE. A manobra expiratória forçada é composta por 3 fases: inspiração máxima, expiração máxima forçada e continuação da expiração até ao volume residual (Miller et al., 2005). Todas as manobras espirométricas foram realizadas no período da manhã, com os participantes sentados com postura correta e com um clipe nasal. Devido à cooperação dos participantes ser essencial para obtermos resultados precisos, os procedimentos a realizar foram explicados com precisão e demonstrados antes de cada teste. Os participantes foram orientados a realizar pelo menos 3 e no máximo 8 manobras expiratórias forçadas aceitáveis e reproduzíveis, de acordo com as diretrizes da *American Thoracic Society* (ATS) e *European Respiratory Society* (ERS) (Miller et al., 2005). Desta forma, as curvas teriam de ter um início correto, rápido e abrupto, sem hesitação, com um volume de extrapolação inferior a 5% da CVF ou 150 mL e com uma duração mínima de 6 segundos. Os resultados dos testes espirométricos foram comparados com os valores previstos, os quais são obtidos por meio de equações de referência e que variam de acordo com a idade, sexo, estatura e etnia de cada participante (Miller et al., 2005). Os maiores valores de CVF, VEF<sub>1</sub> e PFE foram registados após analisar os dados de todas as curvas aceitáveis e reproduzíveis (Miller et al., 2005; Miller et al., 2010).

### **Análise estatística**

A estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão) foi efetuada para todas as variáveis em estudo. A normalidade foi verificada utilizando o teste Kolmogorov-Smirnov. Para as correlações bivariadas utilizámos o coeficiente de Pearson e de Spearman. As comparações entre grupos (ativo e inativo) foram realizadas usando o teste T para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney, quando a normalidade não se verificava. Foi também realizado o método de inferências baseadas na magnitude dos efeitos (*d Cohen*), sendo utilizados os seguintes intervalos de variação: 0-0.2, trivial; 0.21-0.6, pequeno; 0.61-1.2, moderado, 1.21-2.0, grande;  $> 2.0$ , muito grande (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). As análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS versão 25.0 (IBM, Chicago, Illinois, U.S.A.) e o nível de significância utilizado foi de  $p \leq 0.05$ .

## Resultados

A estatística descritiva e a normalidade dos dados das variáveis demográficas e de saúde, do tempo sedentário, níveis de atividade física e valores espirométricos (% prevista) estão apresentados na tabela 1. Como podemos observar, os participantes apresentaram no geral, grande tempo despendido em comportamentos sedentários. O tempo despendido em AFMV foi muito menor comparativamente ao de atividade física leve. Sendo que os valores de percentagem prevista nos dão mais informações sobre a função pulmonar, podemos verificar que, em média, os participantes atingiram valores superiores a 100% nos valores espirométricos avaliados. Podemos ainda verificar que o grupo ativo apresentou valores médios superiores ao grupo inativo, no VEF<sub>1</sub> (%prev.) e no PFE (%prev.).

**Tabela 1** – Estatística descritiva e normalidade dos dados das variáveis demográficas e de saúde, do tempo sedentário, níveis de atividade física e valores espirométricos (% prevista) dos participantes no total e por grupos.

	Total (n=77)	Grupo inativo (n=40)	Grupo ativo (n=37)
<b>Características demográficas</b>			
Idade (anos)	71.90 ± 5.50	72.95 ± 5.87	70.76 ± 4.91
Mulheres (%)	67.5	80.0	54.1
Ensino secundário ou Superior (%)	22.08	22.5	21.62
Casado (%)	53.25	55.0	51.35
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	28.54 ± 4.16	29.41 ± 4.72	27.61 ± 3.27
<b>Historial médico</b>			
Diabetes (%)	11.69	17.5	5.40
Historial de cancro (%)	9.09	7.5	10.81
Hipertensão (%)	37.66	40.0	35.14
Dislipidémia (%)	6.49	10.0	2.70
Outras doenças (%)	23.38	25.0	21.62
Toma de medicação (%)	71.43	75.0	67.57
<b>Variáveis de AF</b>			
Tempo de utilização (min/d)	783.19 ± 79.29	777.74 ± 83.59	789.08 ± 75.06
Sedentário (min/d)	459.99±73.68	468.10±75.68	451.23±71.46
AF Leve (min/d)	289.52±89.93*	295.86±92.85	282.68±87.40*
AFMV (min/d)	33.84±27.97*	13.78±7.64*	55.53±25.65*
<b>Valores espirométricos</b>			
CVF (L)	2.62±0.87	2.39±0.78	2.88±0.91
VEF <sub>1</sub> (L)	2.21±0.77	1.99±0.65	2.45±0.82
PFE (L/s)	6.04±2.22	5.44±1.77	6.68±2.50
CVF (%prev)	107.77±23.38	109.18±27.83	106.25±17.60
VEF <sub>1</sub> (%prev)	113.50±24.85	113.37±28.57	113.64±20.47
PFE (%prev)	102.31±28.18	99.48±29.13	105.36±27.18*

\**p* < 0.05 - Distribuição não normal dos dados. Nota: N, número de sujeitos; AF, atividade física; AFMV, atividade física moderada a vigorosa; min/d, minutos por dia; %prev, percentagem prevista; CVF, capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>, volume expiratório forçado ao primeiro segundo; PFE, Pico de Fluxo expiratório.

Como podemos observar na tabela 2, não se verificaram correlações significativas ao nível de significância de  $p \leq 0.05$ , entre o tempo sedentário e de atividade física (leve e moderada a vigorosa) com a CVF (%prev.), o VEF<sub>1</sub> (%prev.) e o PFE (%prev.).

**Tabela 2** – Correlação bivariada entre o tempo sedentário e de atividade física com os valores espirométricos.

		CVF (%prev.)	VEF <sub>1</sub> (%prev.)	PFE (%prev.)
AF Leve (min/d)	<i>r</i>	0,071 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>
	<i>p</i>	0,539	0,846	0,962
AFMV (min/d)	<i>r</i>	0,063 <sup>a</sup>	0,141 <sup>a</sup>	0,104 <sup>a</sup>
	<i>p</i>	0,587	0,222	0,369
Sedentário (min/d)	<i>r</i>	-0,061 <sup>b</sup>	-0,077 <sup>b</sup>	-0,102 <sup>b</sup>
	<i>p</i>	0,601	0,504	0,379

\*. Correlação é significativa ao nível de 0.05. \*\*. Correlação é significativa ao nível de 0.01.

<sup>a,b</sup> A correlação de Spearman<sup>a</sup> ou de Pearson<sup>b</sup> foi utilizado conforme a normalização da distribuição dos dados. Nota: AF, atividade física; AFMV, atividade física moderada a vigorosa; min/d, minutos por dia; %prev, percentagem prevista; CVF, capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>, volume expiratório forçado ao primeiro segundo; PFE, Pico de Fluxo expiratório.

Relativamente à comparação entre grupos, não se verificaram diferenças significativas nos parâmetros espirométricos, entre os participantes que cumpriram as recomendações de atividade física para a saúde (grupo ativo) e os que não cumpriram as recomendações (grupo inativo) (tabela 3 e 4). De acordo com os intervalos de variação para classificar a magnitude dos efeitos (*d-Cohen*), verificam-se no nosso estudo, efeitos triviais entre os grupos, na CVF (%prev.) e no VEF<sub>1</sub> (%prev.) e, um efeito pequeno no PFE (%prev.).

**Tabela 3** - Resultados do teste T entre grupo ativo e inativo fisicamente.

Parâmetros	Grupos	N	M±DP	Levene's test (sig)	gl	Teste t	Sig.	Effect-size
CVF (%prev.)	Inativo	40	109.18±27.83	0.016	66.54	0.556	0.580	-0.12 (-0.50-0.25)
	Ativo	37	106.25±17.60					
VEF <sub>1</sub> (%prev.)	Inativo	40	113.37±28.57	0.091	75	-0.048	0.962	0.01 (-0.36-0.39)
	Ativo	37	113.64±20.47					

$p > 0.05$  - levene test variâncias iguais assumidas; \* $p < 0,05$  - t test nível de significância. Nota: N, número de sujeitos; %prev., percentagem prevista; CVF, capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>, volume expiratório forçado no primeiro segundo; M, média; DP, desvio-padrão; gl, graus de liberdade; IC, intervalo de confiança.

**Tabela 4** - Resultados do teste Mann-Whitney entre grupo ativo e inativo fisicamente.

Parâmetros	Grupos	N	M±DP	U de Mann-Whitney	Z-Score	Sig.	Effect-size
PFE (%prev.)	Inativo	40	99.48±29.13	633.5	-1.086	0.278	0.21 (-0.17-0.58)
	Ativo	37	105.36±27.18				

\* $p < 0.05$  – Mann-Whitney nível de significância. Nota: N, número de sujeitos; %prev., percentagem prevista; PFE, pico de fluxo expiratório, M, média; DP, desvio-padrão; IC, intervalo de confiança.

## Discussão

Compreender a influência da atividade física (leve e moderada a vigorosa) e do tempo sedentário na função pulmonar pode ser especialmente importante na população idosa, pois o aumento da idade está associado a uma menor participação na atividade física e a maiores volumes de tempo sedentário. Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar a relação entre o tempo sedentário e os níveis de atividade física (leve e moderada a vigorosa) com os valores espirométricos de idosos. De forma adicional, pretendemos verificar os efeitos da aplicação das Recomendações Globais de Atividade Física. Os nossos participantes dedicaram, em média, 7.67 horas (459.99 minutos) por dia a comportamentos sedentários, o que representa menos tempo do que aquele que foi considerado numa revisão sistemática, onde os idosos eram sedentários em média 9,4 horas por dia (Harvey, Chastin, & Skelton, 2015). Ainda assim, estes resultados não deixam de ser preocupantes, uma vez que altos níveis de tempo sedentário têm sido associados a uma função pulmonar menos eficiente (Jenkins et al., 2014) e aumento das taxas de mortalidade (van der Ploeg et al., 2012).

Relativamente às análises de correlação, não encontramos associações significativas entre o tempo sedentário e de atividade física com os valores espirométricos de idosos. Na comparação entre os grupos (ativo e inativo fisicamente), não foram verificadas diferenças significativas nos valores espirométricos, no entanto, verificou-se um efeito pequeno no PFE (%prev.). Este resultado é importante, uma vez que, o PFE é uma medida válida do estado de saúde em pessoas idosas, sendo um baixo valor de PFE um preditor de hospitalização e de avaliação subjetiva da mortalidade (Roberts & Mapel, 2012).

Os nossos resultados são discrepantes dos encontrados na literatura, visto que estudos longitudinais baseados em medidas auto-reportadas de atividade física, concluíram que o tempo de atividade física em adultos de meia-idade e idosos está associado a uma melhor função pulmonar (Jakes et al., 2002; O'Donovan & Hamer, 2017). Similarmente, em estudos transversais, Ortlieb et al. (2014) avaliaram através da acelerometria (AFMV  $\geq$  1952 counts/min) 168 idosos com uma média de idades de 73 anos, tendo os mesmos verificado que níveis mais baixos de atividade física estavam associados a uma menor função pulmonar. Em outro estudo, onde foram avaliados 85 idosos institucionalizados através da acelerometria (atividade moderada  $>$  2020 counts/min), com uma média de idades de 77.5 anos, verificou-se que idosos com um estilo de vida altamente sedentário e com baixos níveis de atividade física apresentaram um menor valor de VEF<sub>1</sub> (%prev.) (Park et al., 2017). Mais recentemente, Dogra et al. (2018) verificaram que o tempo sedentário e os diferentes níveis de atividade física estavam associados ao VEF<sub>1</sub> (%prev.) e à CVF (%prev.), independentemente do histórico de tabagismo, após ajuste de covariáveis. Os autores referiram ainda que o efeito de cada comportamento foi pequeno, sendo necessárias mais pesquisas para avaliar estas associações (Dogra et al., 2018). Resultados semelhantes foram observados no estudo transversal de Benadjaoud et al. (2019), com uma amostra de 3063 participantes (60 aos 83 anos de idade), onde a atividade física mostrou estar associada a uma melhor função pulmonar, principalmente em idosos fumadores, já que entre os idosos que nunca fumaram, a intensidade da atividade física necessária para criar uma associação significativa com a função pulmonar foi bastante superior à utilizada para definir a AFMV. Quanto ao tempo sedentário, os autores verificaram a existência de uma associação significativa apenas com a CVF no grupo de participantes fumadores (Benadjaoud et al., 2019).

Relativamente à adesão das Recomendações Globais de Atividade Física para a Saúde, Nawrocka e Mynarski (2016), ao estudarem 61 idosos com uma média de idades de 66 anos, através da acelerometria (atividade moderada  $>$ 2690-6166 counts/min; *bouts* de 10 ou mais minutos de atividade física), encontraram diferenças significativas entre grupos, tendo o grupo ativo (cumpriu as diretrizes) alcançado maiores resultados na CVF (%prev.) e no VEF<sub>1</sub> (%prev.), e também encontraram correlações positivas significativas entre o tempo de AFMV com a CVF (%prev.) e com o VEF<sub>1</sub> (%prev.). Os mesmos autores concluíram que a prática de AFMV promove uma melhoria na função pulmonar de idosos, e que a adesão às recomendações de atividade física aumenta a probabilidade de se obter valores espirométricos mais satisfatórios. No mesmo sentido, Bamrotia et al. (2016) ao estudarem 73 indivíduos com média de idades de 68.27 anos, verificaram que aqueles que reportaram ser fisicamente ativos, apresentaram valores espirométricos significativamente maiores,

comparativamente aos participantes do grupo inativo. Contrariamente aos estudos supracitados, nos estudos de Smith et al. (2016) e de Barboza et al. (2016), embora se tenham focado em adolescentes e adultos, respetivamente, não foram encontradas associações significativas entre os níveis de atividade física e os diferentes parâmetros da função pulmonar, o que, segundo os autores, poder-se-á justificar pelos diferentes métodos utilizados nos estudos, nomeadamente, a utilização de métodos subjetivos para mensurar a atividade física.

As discrepâncias encontradas entre os nossos resultados e os dos estudos mencionados, podem justificar-se pelo método de seleção dos participantes, sendo que utilizámos uma amostra por conveniência, enquanto que outros estudos recrutaram os participantes de forma aleatória (Dogra et al., 2018; O'Donovan & Hamer, 2017). Outro fator importante a considerar foi a utilização, pela maioria dos estudos apresentados, de métodos subjetivos para mensurar a atividade (Bamrotia et al., 2016; Dogra et al., 2018; O'Donovan & Hamer, 2017; Jakes et al., 2002), os quais diminuem significativamente a precisão da quantidade e da intensidade da atividade física realizada (Grimm et al., 2012; Westerterp, 2009), devendo por isso, ser utilizados métodos mais precisos, como a acelerometria (Asker & Michael, 2010). Outros fatores que podem justificar as diferenças entre os estudos são os *epochs* e os diferentes valores de corte utilizados para definir as intensidades da atividade física (Benadjaoud et al., 2019; Nawrocka & Mynarski, 2016; Ortlieb et al., 2014). Neste ponto, estudos de revisão indicam que não existe ainda um método padronizado para quantificar a atividade física e o tempo sedentário em idosos através da acelerometria (Migueles et al., 2017; Gorman et al., 2014), pelo que as suposições usadas na análise dos dados do acelerómetro podem produzir resultados marcadamente diferentes, e o uso de pontos de corte muito baixos ou muito altos podem ocultar diferenças importantes no grupo ou no tratamento. Para além disso, o estudo de Nawrocka e Mynarski (2016) contabilizou os momentos de AFMV quando em *bouts* iguais ou superiores a 10 minutos, retirando toda a atividade espontânea, o que também poderá justificar a diferença nos resultados. Por último, outro fator a considerar é o tabagismo, uma vez que Benadjaoud et al. (2019) referem que a associação entre a AFMV e a função pulmonar depende do historial de tabagismo. Segundo os mesmos autores, os benefícios anti-inflamatórios e vasculares da atividade física são mecanismos que podem estar subjacentes a esta associação. Por sua vez, esses mecanismos podem desempenhar um papel mais pronunciado entre os indivíduos que fumam, compensando o efeito negativo do cigarro no pulmão (Benadjaoud et al., 2019). Como na nossa amostra excluímos todos os idosos que reportaram ser fumadores, não nos foi possível realizar comparações entre os participantes consoante o historial de tabagismo. É possível que estas diferenças tenham levado a inconsistências nos resultados, pelo que sugerimos a realização de mais estudos nesta temática.

Este estudo é um contributo importante para a literatura, uma vez que, evidências sobre a associação entre o tempo sedentário e de atividade física (medidos objetivamente) com a função pulmonar na população idosa sem patologias respiratórias associadas são escassas. No entanto, existem algumas limitações do nosso estudo que precisam de ser discutidas. Como primeira limitação deste estudo, destacamos o desenho transversal, o qual não nos permite tirar conclusões de causalidade. Esta limitação é de elevada importância, uma vez que a função pulmonar diminui com a idade o que, por sua vez, pode levar à falta de ar, de condição física e a um subsequente declínio nos níveis de atividade física; portanto, não está claro se os comportamentos estudados mudam como resultado do declínio da função pulmonar ou se baixos níveis de atividade aceleram o declínio associado à idade na função pulmonar. Também o uso de acelerómetros é limitado, pois além de subestimar os movimentos e atividades da parte superior do corpo, como carregar cargas pesadas, treino com pesos e andar de bicicleta (Lohne-Seiler et al., 2014), os acelerómetros não são resistentes à água. Além disso, eles não podem capturar informações posturais (isto é, sentar vs ficar parado), o que pode levar à subestimação do tempo sedentário (Tremblay et al., 2017). Outra limitação foi a inclusão de todos os idosos que forneceram dados de pelo menos 3 dias de acelerometria, o que pode não ser totalmente representativo dos padrões habituais de atividade dos idosos. Além disso, os valores de corte utilizados para definir os níveis de atividade física foram desenvolvidos para a população adulta em geral, não especificamente para idosos (Troiano et al., 2008), podendo os valores variar entre as diferentes faixas etárias, devido a padrões de atividade diferentes, eficiência mecânica e a natureza



contrastante dos movimentos em diferentes estágios da vida (Ballegooijen et al., 2019). Por último, o número reduzido de participantes e a seleção por conveniência dos mesmos é outra limitação do nosso estudo.

O número limitado de estudos incluídos neste trabalho reflete a escassa investigação realizada em idosos, o que determina possíveis orientações para estudos futuros. Também sugerimos que se deva estudar esta temática com uma amostra representativa, assim como seria pertinente realizar investigações longitudinais e/ou experimentais. Para além de se mensurar a quantidade de movimento, avaliar o tipo de atividade realizada (e.g., através do Questionário de Atividade Física de Baecke, Burema e Frijters, 1982), também pode ser importante na determinação da força da associação entre a atividade física e a função pulmonar, pois diferentes atividades físicas podem estar associadas a diferentes volumes pulmonares (Mahotra et al., 2016; Prakash et al., 2007).

## Conclusões

No nosso estudo, não foram encontradas evidências que confirmem uma associação entre o tempo sedentário e de atividade física (leve ou moderada a vigorosa) com os valores espirométricos. Na comparação entre grupos, também não foram encontrados resultados estatisticamente significativos, verificando-se apenas um efeito pequeno no PFE (%prev.). Os nossos resultados são claros quanto à não existência de evidência estatística significativa acerca da relação entre as variáveis analisadas.

## Referências Bibliográficas

- Asker, J., & Michael, G. (2010). *An introduction to energy production and performance 2nd edition*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baecke, J. A, Burema, J., & Frijters, J. E. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 36, 936-942. doi: 10.1093/ajcn/36.5.936.
- Ballegooijen, A. J. V., Ploeg, H. P., & Visser, M. (2019). Daily sedentary time and physical activity as assessed by accelerometry and their correlates in older adults. *European Review of Aging and Physical Activity*, 16, 1-12. doi: <https://doi.org/10.1186/s11556-019-0210-9/1471-2458-14-284>.
- Bamrotia, J., Patel, D., & AN, J. (2016). Evaluation of respiratory function in physically active elderly males in comparasion to males having sedentary lifestyle. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 7, 108-112. doi: 10.5455/njppp.2017.7.0823117082016
- Barboza, M., Barbosa, A., Spina, G., Sperandio, E., Arantes, R., Gagliardi, A., ... Dourado, V. (2016). Association between physical activity in daily life and pulmonar function in adult smokers. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 42, 130-135. doi: 10.1590/S1806-37562015000000102
- Benadjaoud, M.A., Menai, M., Hees, V.T., Zipunnikov, V., Regnaud, J-P., Kivimäki, M., ... Sabia, S. (2019). The association between accelerometer-assessed physical activity and respiratory function in older adults difers between smokers and non-smokers. *Scientific Reports*, 9, 10270. doi: 10.1038/s41598-019-46771-y
- Booth, F., Roberts, C., & Laye, M. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehencive Physiology*, 2, 1143-1211. doi: 10.1002/cphy.c110025.
- Bourbeau, J., Tan, W.C., Benedetti, A., Aaron, S.D., Chapman, K.R., Coxson, H.O., ... CanCold Study Group (2014). Canadian Cohort Obstructive Lung Disease (CanCOLD): fulfilling the need for longitudinal observational studies in COPD. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 11, 125-132. doi: 10.3109/15412555.2012.665520
- Chen, M., Huang, C., Feng, W., Li, Y., & Wu, Y. (2020). C-reactive protein mediates the association between leisure-time physical activity and lung function in middle-aged and older adults. *BMC Public Health*, 20, 1-8. doi: 10.1186/s12889-019-8028-y

- Cheng, Y.J., Macera, C.A., Addy, C.L., Sy, F.S., Wieland, D., & Blair, S.N. (2003). Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. *British Journal of Sports Medicine*, *37*, 521–528. doi: 10.1136/bjism.37.6.521
- Chotirmall, S., Watts, M., Branagan, P., Donegan, C., Moore, A., & McElvaney, N. (2009). Diagnosis and Management of Asthma in Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *57*, 901-9. doi: 10.1111/j.1532-5415.2009.02216.x
- Dogra, S., Good, J., Buman, M. P., Fardiner, P. A., Stickland, M. K., & Copeland, J. L. (2018). Movement behaviours are associated with lung function in middle-aged and older adults: a cross-sectional analysis of the Canadian longitudinal study on aging. *BMC Public Health*, *18*, 818. doi: 10.1186/s12889-018-5739-4.
- Dogra, S., Good, J., Gardiner, P.A., Copeland, J.L., Stickland, M., Rudoler, D., & Buman, M.P. (2019). Effects of replacing sitting time with physical activity on lung function: An analysis of the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Health Reports*, *30*, 12-23. doi: 10.25318/82-003-x201900300002-eng
- Garcia-Aymerich, J., Lange, P., Benet, M., Schnohr, P., & Antó, J.M. (2007). Regular physical activity modifies smoking-related lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease: a population-based cohort study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *175*, 458–63. doi: 10.1164/rccm.200607-896OC
- Gorman, E., Hanson, H.M., Yang, P.H., Khan, K.M., Liu-Ambrose, T. & Ashe, M.C. (2014). Accelerometry analysis of physical activity and sedentary behavior in older adults: a systematic review and data analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*, *11*, 35–49. doi: 10.1007/s11556-013-0132-x
- Grimm, E. K., Swartz, A. M., Hart, T., Miller, N. E., & Strath, S. J. (2012). Comparison of the IPAQ-Short Form and accelerometry predictions of physical activity in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, *20*, 64-79. doi: 10.1123/japa.20.1.64
- Harvey, J., Chastin, S., & Skelton, D. (2015). How sedentary are Older People? A Systematic Review of the Amount of Sedentary Behavior. *Journal of Aging and Physical Activity*, *23*, 471-487. doi: 10.1123/japa.2014-0164.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*, 3-12. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278.
- Jakes, R., Day, N., Patel, B., Khaw, K., Oakes, S., Luben, R., ... Wareham, N. (2002). Physical Inactivity is Associated with Lower Forced Expiratory Volume in 1 Second European Prospective Investigation into Cancer-Norfolk Prospective Population Study. *American Journal of Epidemiology*, *156*, 139-147. doi: 10.1093/aje/kwf021
- Janssens, J. (2005). Aging of the Respiratory System: Impact on Pulmonary Function Tests and Adaptation to Exertion. *Clinics in Chest Medicine*, *26*, 469-484. doi: 10.1016/j.ccm.2005.05.004
- Jenkins, B., Sarpong, D., Addison, C., White, M., Hickson, D., White, W., & Burchfiel, C. (2014). Joint Effects of Smoking and Sedentary Lifestyle on Lung Function in African Americans: The Jackson Heart Study Cohort. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *11*, 1500-1519. doi: 10.3390/ijerph110201500
- Katzmarzyk, P., Church, A., Craig, C., & Bouchard, C. (2009). Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*, 998–1005. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181930355.
- Lee, H.N., Liu, M.A., Barrett-Connor, E., & Wong, N. D. (2014). Association of Lung Function with Coronary Heart Disease and Cardiovascular Disease Outcomes in Elderly: The Rancho Bernardo Study. *Respiratory Medicine*, *108*, 1779-1785. doi: 10.1016/j.rmed.2014.09.016.
- Lohne-Seiler, H., Hansen, B., Kolle, E., & Anderssen, S. (2014). Accelerometer-determined physical activity and self-reported health in a population of older adults (65–85 years): A cross-sectional study. *BMC Public Health*, *14*, 284. doi: 10.1186/1471-2458-14-284.
- Mahotra, N., Amatya, T., Rana, B., & Banstola, D. (2016). Effects of exercise on pulmonar function tests: a comparative studie between athletes and non-athletes in Nepalese settings. *Journal of Chitwan Medical College*, *6*, 21-23. doi: 10.3126/jcmc.v6i1.16575
- Miller, M. (2010). Structural and Physiological Age-Associated Changes in Aging Lungs. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, *32*, 521-527. doi: 10.1055/s-0030-1265893.
- Miller, M., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., ... Wanger, J. (2005). Standardization of spirometry. *European Respiratory Journal*, *26*, 319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805

- Mirabelli, M.C., Preisser, J.S., Loehr, L.R., Agarwal, S.K., Barr, R.G., Couper, D.J., ... London, S.J. (2016). Lung function decline over 25 years of follow-up among black and white adults in the ARIC study cohort. *Respiratory Medicine*, 113, 57–64. doi: 10.1016/j.rmed.2016.02.003
- Nawrocka, A., & Mynarski, W. (2016). Objective Assessment of Adherence to Global Recommendations on Physical Activity for Health in Relation to Spirometric Values in Nonsmoker Women Aged 60-75 Years. *Journal of Aging and Physical Activity*. doi: 10.1123/japa.2015-0119.
- O'Donovan, G., & Hamer, M. (2018). The association between leisure-time physical activity and lung function in older adults: The English longitudinal study of ageing. *Preventive Medicine*, 106, 145-149. doi: 10.1016/j.ypmed.2017.10.030
- Ortlieb, S., Dias, A., Gorzelnik, L., Nowak, D., Karrasch, S., Peters, A., ... KORA Study Group (2014). Exploring patterns of accelerometry-assessed physical activity in elderly people. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11, 2-10. doi: 10.1186/1479-5868-11-28.
- Park, S., Thogersen-Ntoumani, C., Ntoumanis, N., Stenling, A., Fenton, S., & Veldhuijzen van Zanten, J. (2017). Profiles of Physical Function, Physical Activity, and Sedentary Behavior and their Associations with Mental Health in Residents of Assisted Living Facilities. *Applied Psychology: Health and Well Being*, 9, 60-80. doi: 10.1111/aphw.12085.
- Parsons, T. J., Sartini, C., Welsh, P., Sattar, N., Ash, S., Lennon, L. T., ... Wannamethee, S. G. (2017). Physical activity, sedentary behavior, and inflammatory and hemostatic markers in men. *Medicine and Sciences in Sports Exercise*, 49, 459. doi: 10.1249/MSS.0000000000001113.
- Pelkonen, M., Notkola, I., Lakka, T., Tukiainen, H., Kivinen, P., & Nissinen, A. (2003). Delaying Decline in Pulmonary Function with Physical Activity. A 25-Year Follow-up. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, 168, 494-499. doi: 10.1164/rccm.200208-954OC
- Prakash, S., Meshram, S., & Ramtekkar, U. (2007). Athletes, yogis and individuals with sedentary lifestyles; do their lung functions differ? *Indian Journal of Physiology Pharmacology*, 51, 76-80.
- Rikli, R., & Jones, C. (1998). The reliability and validity of a 6-minute walk test as a measure of physical endurance in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 6, 463–475. doi: 10.1123/japa.6.4.363
- Roberts, M., & Mapel, D. (2012). Limited Lung Function: Impact of Reduced Peak Expiratory Flow on Health Status, Health-Care Utilization, and Expected Survival in Older Adults. *American Journal of Epidemiology*, 176, 127-134. doi: 10.1093/aje/kwr503.
- Santos, D., Silva, A., Baptista, F., Santos, R., Vale, S., Mota, J., & Sardinha, L. (2012). Sedentary behavior and physical activity are independently related to functional fitness in older adults. *Experimental Gerontology*, 47, 908-912. doi: 10.1016/j.exger.2012.07.011
- Sardinha, L., Santos, D., Silva, A., Baptista, F., & Owen, N. (2015). Breaking-up Sedentary Time Is Associated with Physical Function in Older Adults. *Journals of Gerontology: Medical Sciences*, 70, 119-124. doi: 10.1093/gerona/glu193
- Sharma, G., & Goodwin, J. (2006). Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical Interventions in Aging*, 1, 253-60. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61087-2
- Smith, M., Berg, A., Berdel, D., Bauer, C., Hoffmann, B., Koletzko, S., ... Schulz, H. (2016). Physical activity is not associated with spirometric indices in lung-healthy German youth. *European Respiratory Journal*, 48, 428-440. doi: 10.1183/13993003.01408-2015
- Tremblay, M.S., Aubert, A., Barnes, J.D., Saunders, T.J., Carson, V., Latimer-Cheung, A.E., ... Chinapaw, M.J.M. (2017). Sedentary Behavior Research Network (SBRN)-Terminology Consensus Project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 75. doi: 10.1186/s12966-017-0525-8.
- Troiano, R., Berrigan, D., Dodd, K., Mâsse, L., Tilert, T., & McDowell, M. (2008). Physical Activity in the United States Measured by accelerometer. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 40, 181-188. doi: 10.1249/mss.0b013e31815a51b3.
- Van der Ploeg, H., Chey, T., Korda, R., Banks, E., & Bauman, A. (2012). Sitting time and all-cause mortality risk in 222 497 Australians adults. *Archives Internal Medicine*, 26, 494-500. doi: 10.1001/archinternmed.2011.2174.
- Ward, D., Evenson, K., Vaughn, A., Rodgers, A., & Troiano, R. (2005). Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Medicine and Sciences in Sports Exercise*, 37 (11, Suppl): S582–S588. doi: 10.1249/01.mss.0000185292.71933.91

- Weiss, S.T. (2010). Lung function and airway diseases. *Nature Genetics*, *42*, 14-16. doi: 10.1038/ng0110-14.
- Westerterp, K.R. (2009). Assessment of physical activity: a critical appraisal. *European Journal of Applied Physiology*, *105*, 823-8. doi: 10.1007/s00421-009-1000-2
- World Health Organization (2015). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Switzerland: World Health Organization. Retirado de: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979_eng.pdf)
- World Medical Association (2008). Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *WMJ*, *54*, 122–125.
- Yohannes, A. M., & Tampubolon, G. (2014). Changes in lung function in older people from the English longitudinal study of ageing. *Expert Review of Respiratory Medicine*, *8*, 515–21. doi: 10.1586/17476348.2014.919226