



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia

Projeto de Graduação

Efeito do treino dos músculos respiratórios na *performance* de exercício em adultos saudáveis: Uma Revisão bibliográfica

Diogo Guilherme Santos Silva

Estudante de Fisioterapia

Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

41222@ufp.edu.pt

Professor Doutor Rui Viana

Orientador

Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

ruiav@ufp.edu.pt

Porto, Junho, 2025

Resumo

Objetivo: Avaliar os efeitos do treino dos músculos respiratórios (TMR) na *performance* de exercício em adultos saudáveis. **Metodologia:** A pesquisa desta revisão bibliográfica foi realizada nas bases de dados, *Pubmed*, *Web of Science* e *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)* de Janeiro até Maio 2025. Foram incluídos estudos randomizados controlados, que avaliassem os efeitos do TMR na *performance* de exercício em adultos saudáveis, comparando o grupo de intervenção com grupo controlo e/ou grupo placebo. Parâmetros da *performance* de exercício e força dos músculos respiratórios foram avaliados, a qualidade metodológica foi avaliada com a escala PEDro. **Resultados:** 5 artigos foram analisados, a média qualitativa foi 7,4 na escala PEDro. Revelam uma correlação significativa entre o TMR, melhoria do tempo até a exaustão (TE) e diminuição da percepção de esforço. Porém, os efeitos do fortalecimento dos músculos respiratórios na *performance* de exercício são inconclusivos. **Conclusão:** O TMR pode levar à melhoria da *performance* de exercício, atenuando a fadiga dos músculos respiratórios, aumentando o TE e uma diminuição da percepção de esforço, permitindo uma melhor tolerância ao exercício. **Palavras-chave:** Treino músculos respiratórios, *performance* de exercício, tempo até à exaustão, percepção de esforço.

Abstract

Objective: Evaluate the effects of respiratory muscle training (RMT) on exercise performance in healthy adults. **Methods:** The search was conducted in the *Pubmed*, *Web of Science* and *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)* databases from January to May 2025. Randomized controlled trials that evaluated the effects of RMT on exercise performance in healthy adults were included, comparing the intervention group with a control group and/or placebo group. Exercise performance parameters and respiratory muscle strength were assessed and methodological quality was evaluated using the PEDro scale. **Results:** 5 articles were analyzed, the qualitative mean was 7.4 on the PEDro scale. The studies reveal a significant correlation between RMT, an improvement in time to exhaustion (TE) and a decrease in perceived exertion. However, the effects of increasing respiratory muscle strength on exercise performance are inconclusive. **Conclusion:** RMT can lead to improved exercise performance by attenuating respiratory muscle fatigue, increasing TE and decreasing perceived exertion, contributing to better exercise tolerance. **Key-words:** Respiratory muscle training, exercise performance, time to exhaustion, perceived exertion.

Introdução

O exercício de elevada intensidade pode potenciar a fadiga nos músculos inspiratórios e expiratórios. Quando esses músculos apresentam fadiga antes de realizar exercício físico, a performance de exercício pode ser prejudicada (Verges et al., 2007).

Com o processo natural do envelhecimento, a função respiratória vai-se deteriorando de forma progressiva devido ao aumento do volume residual e da capacidade residual funcional, juntamente dá se uma diminuição da elasticidade pulmonar o que exige um maior trabalho necessário para realizar a respiração e pode causar dispneia nas atividades da vida diária dos indivíduos com o avançar da idade (Roman, Rossiter & Casaburi, 2016).

O treino dos músculos respiratórios (TMR) consiste em diferentes tipos de intervenção que tenham como propósito aumentar a força e/ou resistência dos músculos expiratórios e/ou inspiratórios, melhorando assim a função respiratória dos indivíduos (Watson et al, 2022).

O TMR envolve os músculos inspiratórios e expiratórios, os principais músculos responsáveis pela inspiração são o músculo diafragma e os músculos intercostais externos, os principais músculos da expiração são os músculos intercostais internos e a musculatura abdominal (reto abdominal, obliquo externo, obliquo interno e transversos abdominal) (Ratnovsky, Elad, Halpern, 2008).

A prática de exercício físico pode levar a um desconforto a respirar, o TMR permite uma diminuição desse mesmo desconforto devido ao trabalho necessário para realizar a respiração ser inferior ao trabalho necessário anteriormente (Manifield et al., 2024).

Os efeitos da fadiga não só comprometem o fluxo de O_2 quando um individuo realiza exercício físico de alta intensidade, a hipoxia ambiental e a sua exposição prolongada provoca um aumento do trabalho necessário para realizar a respiração e pode levar à fadiga dos músculos respiratórios, o treino dos músculos respiratórios e aumento da resistência á fadiga é importante para que o transporte de O_2 para os membros seja suficiente evitando assim a fadiga muscular dos membros e músculos respiratórios (Dempsey et al., 2006).

A pressão inspiratória máxima (PIM) é o principal parâmetro de avaliação da força dos músculos inspiratórios, e consiste em realizar uma inspiração máxima utilizando um dispositivo que causa uma obstrução das vias aéreas (Pessoa et al., 2014).

A pressão expiratória máxima (PEM) é a principal medida da força dos músculos expiratórios, a medida é obtida através de uma expiração máxima utilizando um dispositivo que mede a pressão (Obando, López López, & Avila, 2012).

A hiperpneia (aumento da frequência e volume respiratório) induzida pelo esforço ao realizar exercício de elevada intensidade levará a uma maior demanda de aporte sanguíneo para os músculos respiratórios, este aumento da demanda sobre os músculos respiratórios levará a uma resposta simpática do sistema nervoso que provocará uma restrição do fluxo sanguíneo para os tecidos musculares locomotores para que a pressão sanguínea seja mantida e garanta o correto funcionamento do sistema respiratório (Sheel, Taylor & Katayama, 2020).

Nos estudos de (McConnell & Lomax, 2006) e (Witt et al., 2007) comprovam que o fortalecimento dos músculos respiratórios e consequente aumento do trabalho necessário para levar à fadiga atrasam a resposta simpática causada por um reflexo metabólico que provoca a vasoconstrição nos tecidos musculares a serem exercitados, permitindo assim uma melhor tolerância ao esforço.

A fadiga dos músculos respiratórios está associada à acumulação de metabólitos, como por exemplo o ácido láctico, o que irá provocar uma ativação do grupo de nervos aferentes III e especialmente o grupo IV, esta ativação provocará um aumento da atividade simpática no cérebro e que levará a uma vasoconstrição nos membros a serem exercitados, o que consequentemente levará a um aumento da fadiga muscular nos membros, diminuindo assim a performance (Illi et al., 2012).

A pertinência deste mesmo estudo deve-se ao facto de que existem poucos estudos acerca da intervenção neste tipo de população, existem também apenas duas revisões acerca deste mesmo tema, mas com populações ligeiramente diferentes, a revisão de Sheel (2002) e a de Illi et al. (2012). Ainda, McConnell (2012) refere que o TMR é uma intervenção pertinente e deve ser incluída nos protocolos de treino para indivíduos saudáveis devido ao facto de que a realização de TMR em adultos saudáveis pode levar a uma melhoria do desempenho ao realizarem exercício físico, através do desenvolvimento de uma maior tolerância ao exercício.

O objetivo desta revisão foi avaliar os efeitos do TMR na performance de exercício em adultos saudáveis, sumarizando e sintetizando evidência científica.

Metodologia

A presente revisão bibliográfica foi realizada de acordo com as diretrizes da Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page et al., 2021) que tem como objetivo melhorar a construção de revisões sistemática e meta-análises. Os critérios de elegibilidade foram determinados através da PICO, em que a População (P) foram adultos saudáveis, a intervenção (I) foi o TMR, a comparação (C) que foram comparados resultados entre o grupo de intervenção, grupo de controlo e/ou placebo, e por fim os *outcomes* (O) foi na performance de exercício. A pesquisa foi realizada pelo investigador D.S. de forma computadorizada e efetuada em inglês desde Janeiro de 2025 até Maio de 2025 nas bases de dados: *Pubmed*, *PEDro* e *Web of Science*. A combinação de palavras-chave e operadores booleanos AND e OR formou a expressão de pesquisa: ("exercise performance" OR "exercise" OR "performance" OR "effect*") AND ("respiratory muscle training" OR "respiratory muscle endurance" OR "respiratory muscle exercise") AND ("healthy" OR "healthy adults"). A pesquisa na plataforma *PEDro* foi realizada da seguinte forma: no campo *Abstract & Title* foi colocada a frase “Respiratory muscle training performance”, no campo *Therapy* foi selecionado “respiratory therapy”, no campo *Problem* foi selecionado “reduced exercise tolerance” e todos os termos foram emparalhedados com o termo booleano AND.

Desenho do estudo

Após uma primeira análise dos estudos obtidos foram retirados os estudos duplicados e através da leitura do abstract e resumo foram retirados estudos que não correspondiam aos objetivos do estudo e pesquisa. Foi realizada uma leitura aprofundada dos artigos selecionados para análise de forma a verificar se correspondem aos critérios de inclusão que são os seguintes: estudos randomizados controlados (RCTs), avaliarem os efeitos do treino dos músculos respiratórios na performance de exercício, serem adultos saudáveis, idade compreendida entre 18 e 64 anos, estudos em inglês e português, o grupo de intervenção ser comparado com grupo controlo e/ou grupo placebo e avaliar os resultados antes e após a intervenção. Os critérios de exclusão foram: adultos que possuam algum tipo de patologia e atletas de alta performance.

A qualidade metodológica dos artigos incluídos na presente revisão foi efetuada utilizando a esacala PEDro, Physiotherapy Evidence Database, a escala é constituída por 11 itens que avaliam o rigor da metodologia usada para realizar os artigos. O primeiro critério corresponde à validade externa (critérios de elegibilidade) e não entra no cálculo do valor final obtido. A pontuação máxima é um *score* 10, sendo o valor final obtido através da soma dos 10 critérios. Artigos com uma pontuação mais alta apresentam uma qualidade metodológica mais rigorosa (Maher et al., 2013).

Resultados

Seleção dos artigos

Foram identificados através da pesquisa bibliográfica um total de 283 artigos. De seguida foram retirados 93 artigos duplicados, foi realizada a triagem de 190 artigos e foram retirados 147 artigos que não cumpriam o critério de inclusão: serem estudos randomizados controlados. Foi realizada a leitura do título e resumo dos 43 artigos RCTs e foram retirados 35 artigos que não correspondiam aos critérios de inclusão. Realizou-se uma leitura integral dos 8 artigos para verificar a elegibilidade segundo os critérios de inclusão e exclusão. Após serem aplicados os critérios, 5 artigos foram incluídos na presente revisão bibliográfica. O processo de exclusão dos artigos pode ser observado através do fluxograma de PRISMA (Figura 1).

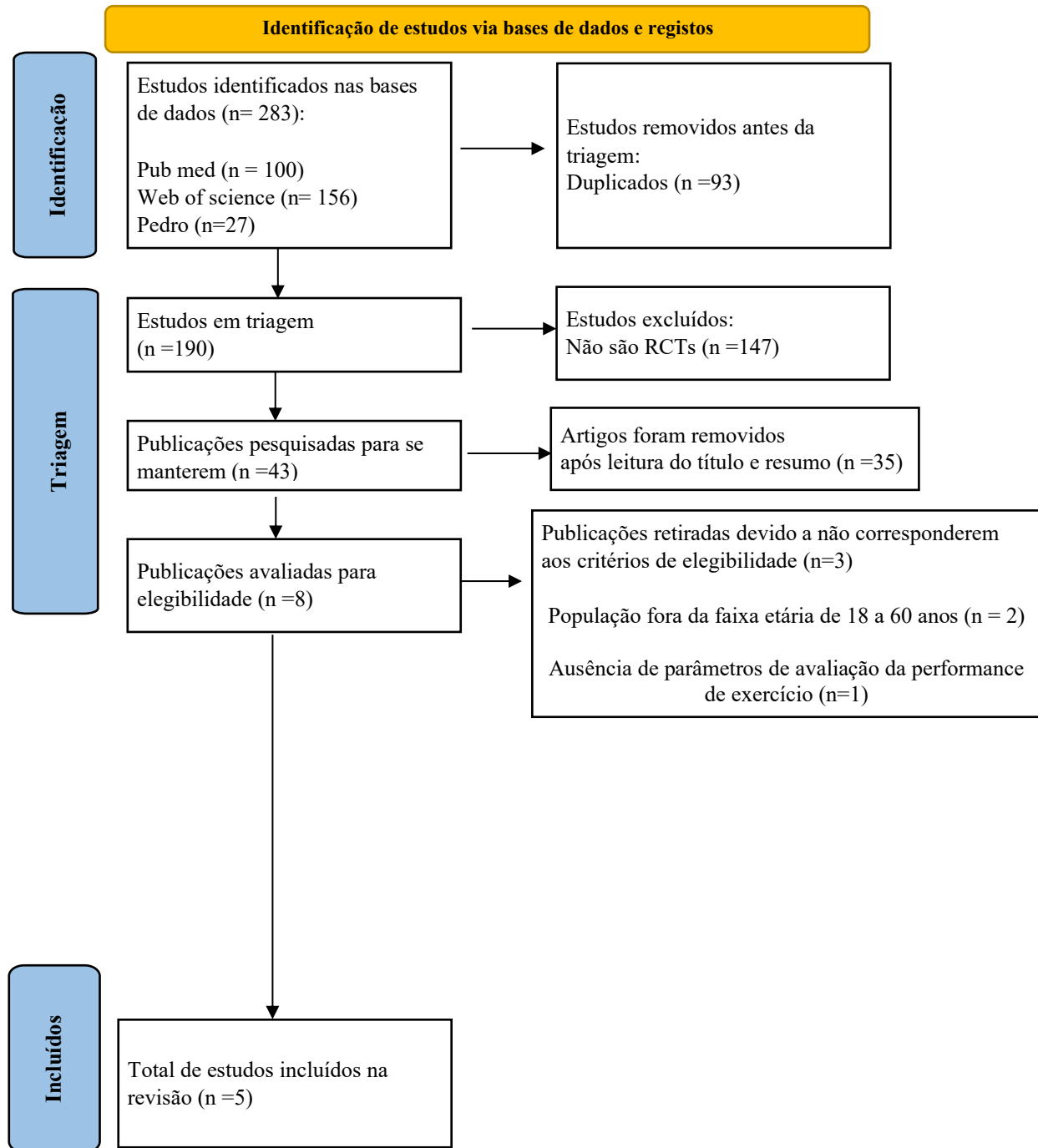


Figura 1. Diagrama PRISMA dos artigos incluídos na revisão.

Descrição do estudo

O número total de indivíduos avaliados nos 5 estudos incluídos foi de 111 participantes, em que a amostra mínima foi de 9 indivíduos (Kido et al., 2013) e a amostra máxima foi de 36 indivíduos (Edwards, 2013). A média de idades dos indivíduos que participaram nos estudos foi de 23,1 anos, sendo que a média mais baixa foi de 20,4 anos (Kido et al., 2013) e média mais elevada foi de 26 anos (Schaer et al., 2019).

Qualidade metodológica

Foram incluídos nesta revisão bibliográfica 5 estudos através dos critérios de inclusão, estes artigos foram avaliados usando a Escala PEDro para determinar a qualidade metodológica de cada artigo, a pontuação variou de 6 (Kido et al., 2013) a 9 (Edwards, 2013), a média da qualidade metodológica dos artigos foi de 7,4/10. Todos os artigos analisados cumpriram os critérios 2 (sujeitos foram distribuídos aleatoriamente por grupos), 4 (comparação ao nível de referência), 8 (pelo menos um resultado chave em 85% dos sujeitos), 9 (intenção de tratamento), 10 (comparação estatística entre grupos.) e 11 (medidas de precisão e variabilidade para os resultados). Nenhum estudo satisfez o critério 6 (terapeutas administraram a terapia de forma cega). Dados detalhados e completos na Tabela 1.

Tabela 1. Avaliação da qualidade metodológica utilizando a escala PEDro.

Autor (ano)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Edwards (2013)	Sim	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Gething, Williams, Davies, (2004)	Sim	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8
Keramidas et al. (2010)	Sim	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Kido et al. (2013)	Sim	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Schaer et al. (2019)	Sim	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	7

Descrição dos critérios: **1-** Elegibilidade, se Sim ou Não. **2-** sujeitos foram distribuídos aleatoriamente por grupos. **3-** distribuição cega dos sujeitos. **4-** comparação ao nível de referência. **5-** sujeitos participaram de forma cega. **6-** terapeutas administraram a terapia de forma cega. **7-** avaliadores mediram os resultados de forma cega. **8-** pelo menos um resultado chave em 85% dos sujeitos. **9-** intenção de tratamento. **10-** comparação estatística entre grupos. **11-** medidas de precisão e variabilidade para os resultados.

Nos itens 2-11, o valor de 1 significa que satisfaz o critério e 0 não satisfaz.

Tabela 2. Autores, características da amostra, protocolo de intervenção, parâmetros avaliados e resultados dos estudos.

Autores (Ano) (País)	Características da amostra	Protocolo de intervenção	Parâmetros avaliados	Resultados
Edwards (2013) (Austrália)	Sexo: M= 36 Idade: 24 ± 4 anos Amostra (n): GI=18 GC=18	Duração da intervenção= 4 semanas GI: 30 respirações por dia usando o dispositivo a 55% do MIE. GC: 30 respirações por dia usando o dispositivo a 10% do MIE. Dispositivo: (<i>Power-BREATHE</i> , <i>Gaiam, London, UK</i>)	PIM Tempo até exaustão Percepção de esforço (S1, S2,S3 FINAL)* (B)	GI: ↑ PIM ($p < 0.01$) cmH ₂ O (I= 143.4 ± 13.7; F= 165.4 ± 9.8) ↑ Tempo até exaustão ($p < 0.05$) (I= 474.4 ± 38.3 s; F= 499.5 ± 33.6 s) ↓ Percepção de esforço ($p < 0.05$) (B) ↓ S1 (I= 13.5 ± 0.8; F= 12.1 ± 0.9) B ↓ S2 (I= 15.6 ± 1.3; F= 14.1 ± 1.0) B ↓ S3 (I= 17.3 ± 1.2; F= 15.9 ± 1.1) B =FINAL (I= 19.7 ± 1.4; F= 19.5 ± 1.2) B GC: ↑ PIM ($p < 0.05$) cmH ₂ O (I= 141.2 ± 9.1; F= 152.1 ± 6.1) = Tempo até exaustão (I= 478.3 ± 35.5 s; F= 484.1 ± 36.2 s) = Percepção de esforço (B) = S1 (I= 13.3 ± 1.0; F= 12.9 ± 1.1) B = S2 (I= 15.5 ± 1.1; F= 15.0 ± 0.9) B = S3 (I= 16.9 ± 1.2; F= 17.1 ± 1.3) B =FINAL (I= 19.5 ± 1.3; F= 19.2 ± 1.2) B

Gething, Williams & Davies (2004) (Reino Unido)	Sexo: M= 10 F=5 Idade: 22.7 ± 2.3 anos Amostra (n): GI= 5 GP= 5 GC= 5	Duração da intervenção= 10 semanas GI: 3 dias/semana durante 10 semanas, teste incremental em um ciclo ergómetro até a exaustão a 80% do SMIP, usando um dispositivo que cria resistência à respiração. GP: Mesmo protocolo mas o dispositivo tem uma fenda de 30 mm, realizando assim uma resistência mínima. GC: Mesmo protocolo sem o uso do dispositivo. Dispositivo: Dispositivo que cria resistência devido a uma fenda de dimensão reduzida	PIM PEM Tempo até exaustão Percepção de esforço (B)	GI: ↑ PIM 34% ($p < 0.05$) cmH₂O (I= 134 ± 35; F= 180 ± 39) =PEM cmH₂O (I= 138 ± 26; F= 144 ± 26) ↑ Tempo até exaustão 36% ($p < 0.05$) (1262 ± 607) s ↓ Percepção de esforço ($p < 0.05$) B (I= 14.2 ± 1.3; F= 12.9 ± 1.4) (B) GP: = PIM cmH₂O (I= 136 ± 26; F= 140.2 ± 29) =PEM cmH₂O (I= 126 ± 40; F= 126 ± 8) = Tempo até exaustão (202 ± 526) s = Percepção de esforço (B) GC: = PIM cmH₂O (I= 127 ± 40; F= 128 ± 39) =PEM cmH₂O (I= 117 ± 21; F= 126 ± 32) = Tempo até exaustão (-96 ± 157) s = Percepção de esforço (B)
Keramidas et al.(2010) (Eslovénia)	Sexo: M=18 Idade: GI: 22.1 ± 4 anos GC: 22.7 ± 4.1 anos Amostra (n):	Duração da intervenção= 4 semanas GI: 1h/dia, 5 dias por semana durante 4 semanas em um ciclo-ergómetro. 50% do máx de potência + 30 min treino de endurance	PEF Percepção de esforço (D-RPE; L-RPE)*** VEmax_{Norm} VEmax_{hypo}	GI: = PEF L s⁻¹ (I = 10.4 ± 1.2; M= 10.2 ± 1.6; F= 10.7 ± 1.3) ↑ D-RPE ($p < 0.05$) 2.7 ± 0.9 ↑ L-RPE ($p < 0.05$) (1-10) 3.9 ± 0.7 ↑ VEmax_{Norm} ($p < 0.05$) (L/min⁻¹) (I = 117.9 ± 13.7; M= 127.8 ± 22.4; F= 131.5 ± 22.1)

	GI= 9 GC=9	dos músculos respiratórios antes do treino. 55% do SVC, fR 50% da MVV dividindo pelo volume do saco do dispositivo. Por sessão $\uparrow$ 1-2 respirações por min após 20 min, continuar na freq elevada os 10 min finais, próx sessão começar no máximo alcançado durante 20 min e $\uparrow$ 1-2 respirações nos restantes 10 min. GC: Mesmo protocolo sem o treino de endurance dos músculos respiratórios Dispositivo: <i>Spirotiger, Iddiag, Fehraltorf, Switzerland.</i>		$\uparrow VEmax_{hypo}$ ($p < 0.05$) (L/min^{-1}) ($I = 116.8 \pm 14.6$; $M = 116.2 \pm 21.9$; $F = 127.6 \pm 22.2$) GC: $\uparrow PEF$ ($p < 0.05$) $L s^{-1}$ ($I = 8.5 \pm 1.7$; $M = 10.0 \pm 1.6$; $F = 9.9 \pm 1.3$) = D-RPE (1-10) 1.9 ± 0.7 = L-RPE (1-10) 2.3 ± 0.8 = $VEmax_{Norm}$ (L/min^{-1}) ($I = 115.9 \pm 18.8$; $M = 123.7 \pm 21.7$; $F = 123.1 \pm 16.4$) = $VEmax_{hypo}$ (L/min^{-1}) ($I = 111.7 \pm 14.9$; $M = 104.8 \pm 16.6$; $F = 110.3 \pm 15.1$)
Kido et al. (2013) (Japão)	Sexo: M=3 F=6 Idade: 20.4 ± 1.7 anos Amostra (n): GI=5 GC=4	Duração da intervenção= 6 semanas GI: 30 min ciclo ergómetro, 3x semana. 1ª e 2ª semana 75% FC máx. 3ª e 4ª semana 80% FC máx 5ª e 6ª semana 85% FC máx Cadência de 60 rpm com carga suficiente para atingir a FC objetiva.	PIM PEM Percepção de esforço (escala de Borg 1-6) (B)	GI: = PIM cmH_2O ($I = 86.8 \pm 5.3$; $F = 96.0 \pm 5.2$) = PEM cmH_2O ($I = 109.8 \pm 15.1$; $F = 114.3 \pm 12.0$) ≠ Percepção de esforço: Foi referida uma maior fadiga na respiração em comparação com os membros inferiores

		Foi utilizado um dispositivo que cria resistência à respiração. GC: Mesmo procedimento sem o uso do dispositivo. Dispositivo: <i>ReBNA (Patent Works Inc.).</i>		GC: = PIM cmH₂O (I= 92.0 ± 11.7; F= 94.7 ± 12.6) = PEM cmH₂O (I= 110.7 ± 13.4; F= 110.2 ± 8.8) ≠ Percepção de esforço: Foi referida uma maior fadiga nos membros inferiores em relação á respiração
Schaer et al. (2019) (Suiça)	Sexo: M= 16 F= 17 Idade: 26 ± 5 anos Amostra (n): GI= 10 GC= 12 GP=11	Duração da intervenção= 1 mês GI: 11 min, 3x por semana, 6 ciclos de 1 min de sprint com intervalo de 1 min entre ciclos, durante os sprints foi utilizado um dispositivo que cria resistência á respiração, diâmetro da fenda depende de os indivíduos realizarem uma fr de 30 com VC a 60% FVC, se percepção de esforço 8 ≤ aumentar 1 respiração no próximo sprint. GC: 30 min, 20 sessões, 2 dias de treino e 1 dia de descanso. 1ª sessão 60% da MVV, VC a 60% da FVC. 30 min de um treino de hiperpneia normocapnica voluntária **, aumentar fr em 1 respiração se terminar os 30 min.	PIM PEM Tempo até exaustão	GI: = PIM cmH₂O (I= 128.8 ± 27.3; F= 134.5 ± 29.1) = PEM cmH₂O (I= 169.2 ± 30.6; F= 181.1 ± 31.8) ↑ Tempo até exaustão (s) (+5.6 ± 2.1 min VS GP) (p = 0.0006) GC: = PIM cmH₂O (I= 134.7 ± 32.9; F= 144.3 ± 32.4) = PEM cmH₂O (I= 186.9 ± 41.7; F= 110.2 ± 8.8) ↑ Tempo até exaustão (s) (+3.8 ± 4.2 min VS GP) (p= 0.020) GP: = PIM cmH₂O (I= 122.8 ± 27.9; F= 128.8 ± 21.2) = PEM cmH₂O (I= 181.2 ± 52.2; F= 183.6 ± 49.3) Tempo até exaustão não foi referido

		GP: 3/4 x por semana usando um inalador asmático com lactose em pó, foram intruídos a realizar 5 inspirações até à capacidade pulmonar total usando um tubo que cria uma resistência mínima. Dispositivos: <i>SpiroTiger</i> (idiag AG, Fehraltorf, Switzerland). Inalador asmático: <i>HandiHaler</i> (Boehringer Ingelheim, Ingelheim, Germany)		
--	--	--	--	--

Legenda: GI= Grupo de intervenção. GC= Grupo controlo. GP= Grupo placebo. M= Masculino. F= Feminino. s= segundos. MIE= Esforço máximo inspiratório. PIM= Pressão inspiratória máxima. PEM= Pressão expiratória máxima. MVV= Ventilação máxima voluntária. SMIP= Pressão inspiratória máxima sustentada (Quão forte e longa é a inspiração contra resistência). PEF= Pico de fluxo expiratório. FC= Frequência cardíaca. ↑ = Aumento com diferenças significativas. ↓= Diminuição com diferenças significativas. (=) = Sem diferenças significativas. I= Início da intervenção. F= Fim da intervenção. ≠ = diferente. *(S1,S2,S3,FINAL) =avaliação da perceção de esforço de 2 em 2 minutos. B= Escala de perceção de esforço de Borg. FVC= capacidade vital forçada. fr= frequência respiratória. VC= Volume corrente.**= respiração funda e rápida voluntária mantendo os níveis de dióxido de carbono estáveis.***(D-RPE; L-RPE)= Escala de Borg 0-10 dispnea (D-RPE) e esforço dos membros inferiores (L-RPE). VEmax_{hypo} = Ventilação minuto em regime de hipoxia. VEmax_{Norm} = Ventilação minuto em regime de normoxia.

Discussão

Esta revisão bibliográfica teve como objetivo verificar os efeitos do treino dos músculos respiratórios na *performance* em adultos saudáveis. Foram analisados 5 artigos, sendo estes RCTs. É possível verificar que não existe um protocolo universal para o tipo de treino e treino dos músculos respiratórios, sendo cada protocolo estipulado pelo investigador, assim como os parâmetros a serem avaliados.

Verificou-se que 4 artigos avaliam a PIM, 3 artigos avaliam a PEM, 4 artigos avaliam a percepção de esforço e 3 artigos avaliam o tempo até à exaustão. Um dos artigos avaliou ainda os valores da PEF, a $VE_{maxNorm}$ e $VE_{maxHypo}$, visto que os investigadores não realizaram a avaliação da PIM e PEM.

Efeitos do treino dos músculos respiratórios na PIM e PEM

Entre os 4 artigos que avaliam a PIM, 2 artigos (Edwards, 2013; Gething, Williams & Davies, 2004) revelam um aumento da PIM realizando treino dos músculos respiratórios. No estudo de Edwards (2013), foi avaliada a força dos músculos inspiratórios através da PIM, em que após serem realizadas 4 semanas de intervenção, verificou-se um aumento significativo da PIM em ambos os grupos- de intervenção e controlo, possivelmente por utilizarem o mesmo dispositivo, porém com resistências diferentes. O GI utilizou uma resistência de 55% do MIE comparado a 10% do MIE no GC, o GI obteve um melhor resultado ($\uparrow$ 15% PIM) obtendo diferenças significativas ($p < 0.01$) comparado ao resultado final do GC ($\uparrow$ 8% PIM). Gething, Williams & Davies (2004) realizaram a intervenção durante 10 semanas, onde o GI e GP utilizaram um dispositivo que cria resistência, sendo esta de 80% do SMIP para o GI, uma resistência mínima para o GP e o GC realizou o mesmo protocolo, mas sem o dispositivo. Após serem avaliados os resultados da intervenção entre os três grupos houve um aumento significativo da PIM apenas no GI ($\uparrow$ 34% PIM) ($p < 0.05$), sendo o aumento de cerca de 46 cmH₂O, nos GP e GC não foi observado um aumento significativo da PIM. Adicionalmente, no estudo de Salazar-Martínez et al. (2017) também é possível verificar um aumento significativo da PIM aliada a um aumento significativo do tempo até a exaustão e estas mudanças podem dever-se a uma melhoria da eficiência respiratória. No entanto, nos estudos de (Kido et al., 2013; Schaer et al., 2019), não foi encontrado nenhum aumento da PIM após as respetivas intervenções, que tiveram a duração de 6 semanas e 1 mês, respetivamente. No que concerne ao PEM, houve 3 estudos (Gething, Williams & Davies, 2004; Kido et al., 2013; Schaer et al., 2019) que avaliaram a PEM e não foram encontradas alterações significativas, sendo o protocolo de intervenção diferente entre os 3 estudos. Em contrapartida, Sasaki, Kurosawa & Kohzuki (2005) realizaram TMI e TME, após a intervenção verificaram um aumento significativo da PEM.

Já Keramidas et al. (2010) realizaram a intervenção durante 4 semanas, com o mesmo protocolo de exercício, mas o GI realizou 30 min de treino de *endurance* dos músculos respiratórios antes do exercício. Não foram avaliados os valores da PIM e PEM, por isso foram considerados os valores do PEF, VEmax_{Norm} e VEmax_{hypo}, enquanto que o GC apresentou diferenças significativas ($p < 0.05$) nos valores de PEF comparado com os valores iniciais. Melhorias nos valores de VEmax_{Norm} e VEmax_{hypo} foram observadas diferenças significativas apenas no GI ($p < 0.05$).

Parece haver uma relação positiva entre a duração da intervenção e o aumento da PIM, visto que a intervenção de Gething, Williams & Davies (2004) foi realizada ao longo de 10 semanas e obteve o maior aumento significativo da PIM. Assim, visto que Edwards (2013) e Gething, Williams & Davies (2004) referem um aumento da PIM e (Kido et al., 2013; Schaer et al., 2019) não revelam alterações significativas, os resultados dependem do tipo de exercício realizado, resistência utilizada e tipo de dispositivo.

Efeitos do treino dos músculos respiratórios no tempo até a exaustão

Após análise dos 3 artigos (Edwards, 2013; Gething, Williams & Davies, 2004; Schaer et al., 2019) que avaliaram o tempo até à exaustão após as respetivas intervenções, os 3 estudos são convergentes e revelaram aumentos significativos do tempo até a exaustão comparativamente aos GP e GC. O protocolo de intervenção sugerido por Gething, Williams & Davies (2004) obteve o maior aumento do tempo até à exaustão no GI, sendo este aumento de 36% com diferenças significativas ($p < 0.05$) relativamente aos GP e GC. No estudo de Edwards, (2013) houve um aumento de cerca de 5,3 % do tempo até à exaustão com diferenças significativas ($p < 0.05$) comparativamente ao GC. Ainda, Schaer et al. (2019) compararam dois tipos de treino dos músculos respiratórios com o GP, contudo o GI e GC obtiveram diferenças significativas ($p = 0.0006$) e ($p = 0.020$) em relação ao GP, mas sem diferenças significativas entre os dois tipos de treino ($p = 0.350$). Complementarmente, no estudo de Tong et al. (2008), o GI que realizou treino dos músculos inspiratórios obteve um aumento de cerca de 16,3% do tempo até à exaustão no grupo que realizou TMR. Edwards (2013) cita dois estudos (McConnell e Romer, 2004; Harms et al., 1998) que referem que a diminuição da percepção de esforço nos recetores respiratórios que enviam informação ao sistema nervoso central

podem levar a um aumento do tempo até a exaustão e uma maior capacidade de sustentar esforço físico através de uma atenuação e manipulação das sensações aferentes.

Efeitos do treino dos músculos respiratórios na percepção de esforço

Do total de 5 artigos, 4 avaliaram a percepção de esforço (Edwards, 2013; Gething, Williams & Davies, 2004) revelam uma diminuição da percepção de esforço. No estudo de Edwards (2013), o GI obteve diferenças significativas ($p < 0.05$) comparativamente com os resultados do GC nos três primeiros momentos de avaliação (S1,S2,S3), no final do teste incremental não existiam diferenças significativas entre grupos. Os resultados obtidos por Edwards, (2013) estão em consonância com os resultados de Gething, Williams & Davies (2004), em que o GI obteve diferenças significativas ($p < 0.05$) em relação aos GP e GC. Adicionalmente, Al-Otaibi, Sartor & Kubis (2024) avaliaram os efeitos do TMR na performance de exercício e função pulmonar, após a intervenção o GI obteve uma diminuição significativa da percepção de esforço comparativamente ao GP. Sheel (2002) conclui que através de uma melhoria da eficiência respiratória e consequente redução da ventilação, haverá uma melhor distribuição do fluxo sanguíneo entre os músculos respiratórios e a musculatura locomotora e Gething, Williams & Davies (2004) relatam a possibilidade de que os testes incrementais devido a serem dependentes da motivação, uma diminuição da percepção de esforço pode aumentar o tempo até a exaustão.

Contudo, Keramidas et al. (2010) avaliaram a percepção de esforço recorrendo a duas escalas modificadas de Borg, a escala (D-RPE) de dispneia e (L-RPE) de esforço dos membros inferiores. O GI que realizou 30 min de TMR antes do exercício, obteve um aumento da percepção de esforço nos membros inferiores e dispneia com diferenças significativas ($p < 0.05$) quando comparado com os resultados obtidos no GC que não realizou TMR. Keramidas et al. (2010) afirmam que a fadiga induzida nos músculos respiratórios devido ao TMR, pode levar a uma maior exigência de aporte sanguíneo levando a uma resposta simpática que provocará uma vasoconstrição nos membros, afetando assim a distribuição do fluxo sanguíneo, como referido por (Sheel, Taylor & Katayama, 2020; Sheel et al., 2001). Ainda no estudo de Kido et al. (2013), o GI referiu um maior nível de fadiga respiratória em comparação com a fadiga referida nos membros inferiores, em contrapartida, o GC referiu um maior nível de fadiga nos membros inferiores do que na respiração.

Limitações

Nos 5 estudos analisados, o protocolo de intervenção foi divergente entre todos, não havendo assim semelhanças entre eles. Dos 5 estudos, os parâmetros avaliados também apresentam algumas divergências, sendo que 4 estudos avaliaram a PIM, 3 avaliaram a PEM, 4 avaliaram a percepção de esforço e 3 avaliaram o tempo até a exaustão. Além disso, 1 estudo não avaliou nem os valores da PIM e PEM. O tempo de intervenção dos estudos variou entre 4 e 10 semanas. Devido às diferenças entre os protocolos, a carga exercida pelos dispositivos foi diferente e ainda alguns artigos apresentaram incrementos no tempo e resistência do TMR ao longo da intervenção, outros a resistência e tempo manteve-se do início até ao final da intervenção. As principais limitações do presente estudo são que a pesquisa foi realizada apenas nas línguas português e inglês, a pesquisa foi realizada apenas nas bases de dados *Pubmed*, *PEDro* e *Web of Science*. Todos os artigos apresentaram amostras pequenas e ainda, 2 dos estudos a amostra foi exclusivamente do sexo masculino.

Recomendações

Para uma obtenção de resultados mais concisos, recomenda-se futuramente a realização de RCTs com uma homogeneidade do protocolo, nomeadamente intensidade uniforme do TMR, utilização do mesmo dispositivo de avaliação e intervenção, uma homogeneidade dos parâmetros avaliados e por fim a realização de protocolos com uma maior duração.

Conclusão

Em suma, a realização de TMR aliada a um programa de exercício parece revelar melhorias na *performance* em adultos saudáveis. Existiram divergências quanto ao papel do fortalecimento dos músculos respiratórios na *performance* de exercício, visto que 2 artigos revelaram aumentos da PIM e 2 artigos não revelaram um aumento, ainda os 3 artigos que avaliaram a PEM não revelaram melhorias. Os artigos que avaliaram o tempo até à exaustão, revelaram uma melhoria deste parâmetro e é possível observar através dos resultados obtidos que a percepção de esforço desempenha um papel importante na tolerância ao exercício. Parece haver uma relação positiva entre um maior tempo de intervenção e uma consequente melhoria da *performance*. Em 2 dos estudos a amostra foi exclusivamente do sexo masculino.

Bibliografia

Al-Otaibi, H. M., Sartor, F., & Kubis, H. (2024). The influence of low resistance respiratory muscle training on pulmonary function and high intensity exercise performance. *Journal of exercise science & fitness*, 22(3), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2024.02.007>

Dempsey, J. A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., & Smith, C. (2006). Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory physiology & neurobiology*, 151(2-3), 242–250.

Edwards, A. M. (2013). Respiratory muscle training extends exercise tolerance without concomitant change to peak oxygen uptake: physiological, performance and perceptual responses derived from the same incremental exercise test. *Respirology*, 18(6), 1022-1027.

Gething, A. D., Williams, M., & Davies, B. (2004). Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *British journal of sports medicine*, 38(6), 730-736.

Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 42, 707-724.

Keramidas, M. E., Debevec, T., Amon, M., Kounalakis, S. N., Simunic, B., & Mekjavic, I. B. (2010). Respiratory muscle endurance training: effect on normoxic and hypoxic exercise performance. *European journal of applied physiology*, 108(4), 759-769.

Kido, S., Nakajima, Y., Miyasaka, T., Maeda, Y., Tanaka, T., Yu, W., ... & Takayanagi, K. (2013). Effects of combined training with breathing resistance and sustained physical exertion to improve endurance capacity and respiratory muscle function in healthy young adults. *Journal of physical therapy science*, 25(5), 605-610.

Manifield, J., Alexiou, C., Megaritis, D., Baker, K., Adams, N., Barry, G., & Vogiatzis, I. (2024). Effects of inspiratory muscle training on thoracoabdominal volume regulation in older adults: A randomised controlled trial. *Respiratory physiology & neurobiology*, 326, 104278. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2024.104278>

McConnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The journal of physiology*, 577(1), 445-457. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.117614>

McConnell, A. K. (2012). CrossTalk opposing view: respiratory muscle training does improve exercise tolerance. *The journal of physiology*, 590(Pt 15), 3397. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.235572>

Obando, L. M. G., López, A. L., & Avila, C. L. (2012). Normal Values of the Maximal Respiratory Pressures in Healthy People Older than 20 Years Old in the City of Manizales – Colombia. *Colombia Medica*, 43(2), 119–125. <https://doi.org/10.25100/cm.v43i2.1141>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *British medical journal*, 372(71), 1-9.

Pessoa, I. M. S., Parreira, V. F., Fregonezi, G. A., Sheel, A. W., Chung, F., & Reid, W. D. (2014). Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Canadian respiratory journal*, 21(1), 43-50.

Ratnovsky, A., Elad, D., & Halpern, P. (2008). Mechanics of respiratory muscles. *Respiratory physiology & neurobiology*, 163(1-3), 82-89.

Roman, M. A., Rossiter, H. B., & Casaburi, R. (2016). Exercise, ageing and the lung. *European respiratory journal*, 48(5), 1471-1486.

Sasaki, M., Kurosawa, H., & Kohzuki, M. (2005). Effects of inspiratory and expiratory muscle training in normal subjects. *Journal of the japanese physical therapy association = rigaku ryoho*, 8(1), 29–37. <https://doi.org/10.1298/jjpta.8.29>

Salazar-Martínez, E., Gatterer, H., Burtscher, M., Naranjo Orellana, J., & Santalla, A. (2017). Influence of Inspiratory Muscle Training on Ventilatory Efficiency and Cycling Performance in Normoxia and Hypoxia. *Frontiers in physiology*, 8,133. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00133>

Schaer, C. E., Wüthrich, T. U., Beltrami, F. G., & Spengler, C. M. (2019). Effects of sprint-interval and endurance respiratory muscle training regimens. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(2), 361-371.

Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., & Dempsey, J. A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The journal of physiology*, 537(1), 277-289. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0277k.x>

Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports medicine*, 32, 567-581.

Sheel, A. W., Taylor, J. L., & Katayama, K. (2020). The hyperpnoea of exercise in health: Respiratory influences on neurovascular control. *Experimental physiology*, 105(12), 1984-1989.

Tong, T. K., Fu, F. H., Chung, P. K., Eston, R., Lu, K., Quach, B., Nie, J., & So, R. (2008). The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance

to exhaustion. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 33(4), 671–681. <https://doi.org/10.1139/H08-050>

Verges, S., Sager, Y., Erni, C., & Spengler, C. M. (2007). Expiratory muscle fatigue impairs exercise performance. *European journal of applied physiology*, 101, 225-232. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0491-y>

Watson, K., Egerton, T., Sheers, N., Retica, S., McGaw, R., Clohessy, T., ... & Berlowitz, D. J. (2022). Respiratory muscle training in neuromuscular disease: a systematic review and meta-analysis. *European respiratory review*, 31(166).

Witt, J. D., Guenette, J. A., Rupert, J. L., McKenzie, D. C., & Sheel, A. W. (2007). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *The journal of physiology*, 584(3), 1019-1028. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.140855>